ISSN 0394-9125

STUDIA GEOBOTANICA

An international journal

Vol. 9 1989

da RICOMPORRE



Dipartimento di Biologia
Sezione di Geobotanica ed Ecologia vegetale

Università di Trieste

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

STUDIA GEOBOTANICA publishes original articles in the field of geobotany.
It also publishes book reviews, notices of scientific meetings and summaries of proceedings.

MANUSCRIPTS should be submitted in duplicate to an Editor or to the Secretary of the Editorial Board. The Secretary will confirm receipt of the manuscript. The suitability of submitted manuscripts will be judged by appropriate members of the Editorial Board. For specialized articles, appropriate referees will be consulted. The Secretary will inform authors of the acceptance or rejection of manuscripts or the need for substantial revisions or reduction.
Manuscript should be typed, double-spaced, on white bond paper with a 25 mm margin on all sides.

LANGUAGE should be preferably English, Italian, French and German are also accepted.

THE TITLE should be informative and brief. The name (s) of the author (s) should be placed below the title. References to research projects, institutional publication numbers, etc. should be placed in a footnote to the author's names.
Acknowledgements and dedications should be simply phrased and given at the end of the article.

KEYWORDS, no more than 10, in English, should be placed on the title page in alphabetical order.

ABSTRACT. An English abstract must be included. A summary in either French, German, Italian or in Slavian language may also be added. It should not exceed one manuscript page.

LITERATURE. For examples see the published Studia Geobotanica.

CHAPTER HEADINGS should be given without designations, second or third order subheadings are permitted.

TABLES should be typed on separate pages, and not in the text itself. They should preferably be submitted in camera - ready form, i.e. typed on an IBM electric typewriter (using, c.g., an 'Artisan' typing element and carbon ribbon). Tables should be typed without corrections in such a way that they can be reduced to one full page (width 120 mm). Large tables should be prepared in the same way. If they cannot be reduced to page-size, they will be inserted as fold-out tables: if possible, this should be avoided.
Tables must be numbered and given descriptive titles. If the tables are not prepared according to these instructions, the publishers reserve the right to ask for a contribution to the actual cost.

ILLUSTRATIONS. Figures such as drawings and graphs should be done in India ink on smooth tracing paper. Names, numbers or other symbols should also be written in India ink or, preferably, by 'Letra-set' or a similar system. Reduction of these figures should be taken into account when preparing the lettering. Titles and legends to the figures should be typed on a separate sheet. All figures should be numbered. Plates should be avoided, but when used, they should be numbered and supplied with informative title.

CORRESPONDENCE: on matters related to manuscripts should be addressed to the respective Editor or to the Secretary. Correspondence on manuscripts after acceptance or concerning page proofs should be addressed to the Secretary of the Editorial Board:

Prof. Pier Luigi Nimis, Dipartimento di Biologia,
cas. Università I - 34100 TRIESTE (ITALY)

ISSN 0394-9125

STUDIA GEOBOTANICA

An international journal

Vol. 9 1989



Dipartimento di Biologia
Sezione di Geobotanica ed Ecologia vegetale

Università di Trieste

STUDIA GEOBOTANICA
9: 3-72, 1989

CONTRIBUTION TO THE ECOLOGICAL PHYTOGEOGRAPHY OF FUEGIA (SOUTHERN SOUTH AMERICA)

Mauro TRETIACH, Duilio LAUSI, Josef POELT

Keywords: Ecology, Flora, Isla Grande de Tierra del Fuego, Phytogeography.

Abstract: The relationships between the present distribution of native Fuegian vascular plants and their ecological behaviour have been studied on the basis of information and multivariate analysis. 216 species (54 % of the total flora) were collected during two surveys within a transect across the main vegetation zones of Isla Grande de Tierra del Fuego; the ecological and phytogeographic informations are derived from field and literature data. The results show that: 1) the species list obtained by the survey along the transect have the same informational content of the total flora of Isla Grande; 2) seven out of twelve species groups obtained by nnumerical classification of phytogeographic data are well correlated to the main habitat-types of Fuegia, i.e. steppe, forest and bog communities; 3) the Andean Cordilleras played the main role in plant migration to Fuegia after the ice retreat.

Introduction

Fuegia, the Archipelago lying south of the Estrecho de Magallanes, in the southernmost part of South America, is of high phytogeographic interest. According to Dalziel & Elliott (1971), South America was the last continent which separated from Antarctica between the early Tertiary and 20-25 millions years ago, when the Antarctic Peninsula was covered by forests of *Nothofagus* and *Araucaria* (Cranwell, 1959; Darlington, 1964); this is of great importance for reconstructing the migration of southern Hemisphere plants across the continents (Croizat, 1952). Biotas of the main Austral land masses have many similiarities, with patterns of disjunct distributions most noticeable at the generic rather than at species level (Galloway, 1991); in recent years these affinities have been analyzed by both vicariance and cladistic biogeography (Humphries & Parenti, 1986, Brundin, 1988; Seberg, 1988) and by panbiogeographic methodologies (Craw 1985, 1988).

During the Glacial Period Fuegia was almost completely covered by ice until 16.000 years ago (Auer, 1956, 1958); after the ice retreat, plant species started to colonize the new areas from refugia located in adjacent floristic

This study has been financed by bilateral projects of the Italian C.N.R., responsibles Prof. D. Lausi and Prof. P.L. Nimis.

regions, such as Patagonia, the Marginal and Central Cordilleras, and the Pacific coasts (Hueck, 1966; Cabrera, 1971; Moore, 1983a). On the other hand, Fuegia might have been also an irradiation center for subantarctic species surviving in ice-free refugia: some Fuegian plants occcur also in the Subantarctic islands, New Zealand, Tasmania and Australia (Moore, 1972, 1983).

Climatically, Fuegia is characterized by an abrupt gradient, from a cold temperate, perhumid climate in the West to a dry, continental climate in its eastern part (Walter, 1968; Burgos, 1985). These differences are reflected by a clear vegetational gradient across four main vegetation zones. From West to East they are: magellanic moorland zone, evergreen forest zone, deciduous forest zone, steppe zone.

Floristically, the Fuegian region is rather well known. Important papers have been published by Hooker (1847), Spegazzini (1883, 1896), Dusén (1900), Skottsberg (1906). These informations has been summarized in the excellent flora of Moore (1983a), which is provided with local distribution maps for all species. Several parts of the region are still insufficiently explored, mainly in the most remote areas of Isla Grande, far from the main highways (Moore, 1983a). A phytogeographic characterization of the region is given by Cabrera (1971) and Pisano (1977). Moore (1983a) provides distribution maps, limited to Tierra del Fuego, for all autochtonous species; complete distribution maps are available only for a few species. The maps of Moore (1983a), however, are complemented with indications on the latitudinal range of each species in South America.

As far as vegetation is concerned, the available information is still scanty. The main papers deal with the steppe communities (Collantes et al., 1985, 1989) or with the magellanic moorland vegetation (Crow, 1975; Moore, 1979). A fundamental source of information is the work of Boelcke et al. (1985), who studied the vegetation along a transect located north of Tierra del Fuego, at about 51-52° S. The main source of information regarding the ecological requirements of the single species remains the flora of Moore (1983), and is limited to a list of the main habitat types where the species is likely to occur.

The University of Trieste organized two expeditions to Fuegia in the years 1987 and 1989, in order to carry out a floristic survey along a transect crossing Isla Grande from SW to NE. Aim of this research was to acquire direct data for a quantitative study on the Ecological Phytogeography of Isla Grande de Tierra del Fuego.

Nimis (1984a,b,c; 1989) and Lausi and Nimis (1985a,b; 1991), on the basis of quantitative studies, provided several examples of the close relations between ecology and distribution of plant species. According to these authors, the research of these relations, which constitute complex phytogeographic facts requiring a causal explanation, is one of the main aims of Ecological Phytogeography. The results of Ecological Phytogeography are of direct relevance also for Quaternary palaeoecologists, since they provide the only

factual evidence on the relations between ecology and distribution of the species.

The studies of Lausi & Nimis (1985a, 1991) and Nimis (1989), concerning the Yukon Territory (Canada), are based on vegetational data, i.e. on data which have a high ecological information content; those of Nimis (1984a,b,c), concerning Sicily (Italy), are based on the total flora of the island, and the ecological data came from a Data Bank (Nimis et al. 1983) summarizing the existing knowledge on the ecology of Italian species; in both cases the available floristic, ecological and phytogeographic informations were very exhaustive.

The main aim of this paper is to study the relationships between the present distribution of native Fuegian vascular plants and their ecological behaviour. In our study we have followed an approach which is slightly different from those adopted by the above mentioned authors: we tried to test whether it was possible to carry out a study on the Ecological Phytogeography of a geobotanically rather poorly known region, based on a floristic survey. Thus, our data concern only a part of the total flora of Isla Grande de Tierra del Fuego, the ecological informations are derived from field data and from the literature, and the phytogeographic informations are much less detailed than those used by the above mentioned authors.

Two Appendices are reported at the end of this paper. They contain the lists of higher plants (Appendix I) and a list of parasitic fungi of higher plants (Appendix II) collected during field work, with the indication of the localities. They are presented here also as a small contribution to the floristics of Isla Grande of Tierra del Fuego.

Survey area

The floristic surveys have been carried out in two different periods: a) first survey, from December 1 to 12, 1987, field team: M. Codogno, D. Lausi, P.L. Nimis and M. Tretiach (Trieste), N. Scutari (Buenos Aires); b) second survey, from January, 2 to 17, 1989, field team: T. Ahti and S. Stenroos (Helsinki), J. Poelt (Graz), N. Scutari (Buenos Aires).

Part of field work was devoted to the collection of lichens and mosses.

The sampling stations are 31, scattered within a relatively broad transect crossing Isla Grande de Tierra del Fuego from SW to NE, from Lapataia (Ushuaia) to Bahia S. Sebastian, near Rio Grande (Fig. 1). The transect encompasses several altitudinal belts, the elevation ranging from sea level to ca. 1200 m. It crosses the main vegetation zones of Isla Grande: the evergreen forest, the deciduous forest and the steppe vegetation; the Alpine vegetation of the higher mountains is also included.

The evergreen forest is well developed in the areas near the Chilean coasts and Peninsula Mitre, which have very high precipitations (from 3000 to 600-800 mm/year) and weak thermic excursions during the whole year. The

evergreen forest is confined to a small portion of the transect near Ushuaia: the predominant species are *Nothofagus betuloides, Drimys winteri, Embothrium coccineum, Maytenus magellanica, Berberis ilicifolia, Gavilea lutea,* while other species characterizing this vegetation type in Chile, such as *Philesia magellanica* and *Desfontainia spinosa,* are absent.

The frequency of frost periods increases both towards SE and with altitude, and is correlated with the progressive floristic impoverishment of the evergreen forest (Walter, 1976). *Nothofagus betuloides* may form pure stands also at higher altitudes in well-sheltered stations. Large extensions of bogs are intermixed with the evergreen forests in the western and southern parts of the island (Roivanen, 1954), and have been collectively called "magellanic moorland" (Godley, 1960) or "tundra magallanica" (Pisano, 1977).

The deciduous forest forms a large belt between the evergreen forest and the Patagonian steppe. It occurs from sea level to almost 500 m, in areas with 300-800 mm precipitation/year and with a rather temperate climate. It forms the timberline vegetation on the mountains. A transition between the evergreen and the deciduous forest is given by mixed woods, called Bosque Magallanico Mixto (Pisano, 1974), that are widespread near the coasts. At lower latitudes this community forms the transitional belt between the mid-elevation forest of *Nothofagus dombeyi* and the monospecific forest of *N. pumilio* growing at timberline (Vebeln et al., 1979). In Fuegia the deciduous forest finds its southernmost border on the northern coasts of Beagle Channel, being almost absent in Navarino Island. This vegetation is characterized by *Nothofagus pumilio* and, to a lesser extent, by *Nothofagus antarctica* in the tree layer, *Berberis buxifolia, Ribes magellanicum, Escallonia serrata* and *Maytenus disticha* in the shrub layer, *Acaena ovalifolia, Rubus geoides, Blechnum penna-marina, Senecio acanthifolius* in the herb layer. In these woods the shrub layer is greatly reduced with respect to those at lower latitudes (Veblen et al., 1979). A more xerophytic deciduous forest constitutes the narrow ecotone towards the scrub - steppe communities, with open woods dominated by *Nothofagus antarctica,* extending also to areas with no more than 300-250 mm precipitation/year. In these conditions, a good soil water reserve is always present. The ecotonal boundary line receded by 50-100 km in the last 2000 years, as a consequence of increasing aridity (Auer, 1933, 1939) and, more recently, of the human impact on vegetation (Eriksen, 1972).

The Patagonian steppe is formed by grass and scrub communities, which are particularly well developed in the northeastern part of Isla Grande. The plains of this region are dominated by grass communities with *Festuca gracillima, Festuca magellanica, Agropyrum fuegianum, Calceolaria uniflora, Leucheria hahnii, Leucheria purpurea, Nassauvia darwinii, Nassauvia abbreviata.* The scrub communities of this area are dominated by *Chiliotrichum diffusum, Empetrum rubrum* and *Lepidophyllum cupressiforme.* The Fuego-Patagonian steppe is characterized by a dry climate, with evapotraspiration exceeding precipitation values; this causes an increase of the seasonal difference in mean temperature values and daily excursions.

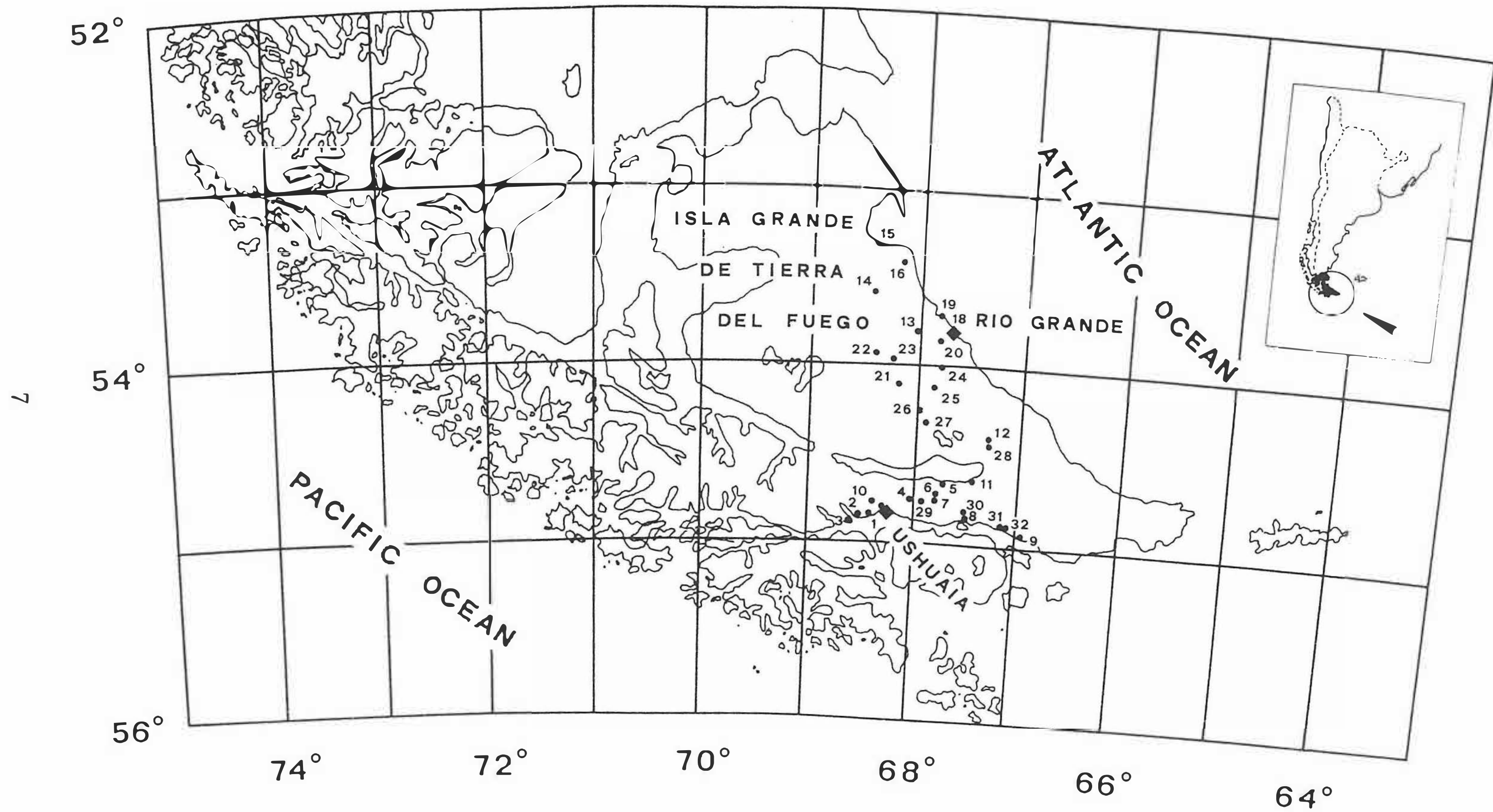


Fig. 1 - Survey area. The sampling stations are numbered as in the Appendices.

Data

This study is based on four kinds of data: climatic, floristic, phytogeographic, and ecological data.

Climatic data

In order to characterize the macroclimatic conditions at the extremities of our transect, Saturation Deficit (SD) and Dryness Index (DI) were computed for the period 1971-1980; the basic data were obtained from the University of Buenos Aires.

The Monthly Saturation Deficit (SD_m) was calculated as SD = $e_s(1-RH_m/100)$, where e_s is the saturation water vapour pressure in mm/Hg at mean monthly temperature, and RH_m is the mean monthly Relative Humidity.

The Dryness Index (DI) was calculated on the basis of the following equation (Stenz, 1947; Tuhkanen, 1980):

$$DI = (733.4\ n\ (1 + 0.2W)\ SD^{0.7})\ /\ (B - b)\ P$$

where n is the length of the period expressed in number of days; W is the wind speed in km/h; SD is the Saturation Deficit (see before); B is the atmospheric pressure in mm Hg; b is the water vapour pressure expressed in mm Hg; P is the precipitation fallen in the examined period.

Floristic data

During two surveys, 512 samples, for a total of 242 species, were collected in the 31 sampling stations. The stations have been selected in such a way as to sample the broadest possible ecological-vegetational variation within the transect. It should be noted that no complete floristic collection has been carried out in each station. For identification, we mainly used the flora of Moore (1983), and the available volumes of Flora Patagonica (Cabrera, 1969, 1978, 1984). The species list is reported in Appendix I; nomenclature follows Moore (1983). Only the native species were considered in the phytogeographic analysis; they are 216, *i.e.* 54 % of the whole native flora of Isla Grande de Tierra del Fuego (data from Moore, 1983).

The samples of the collected plants are preserved in the Herbaria of the University of Trieste (TSB, first survey) and of the University of Graz (GZU, second survey).

Phytogeographic data

The phytogeographic data, derived from Moore (1983), are reported in Tab. 1.

For each species the presence in the following Operational Geographic Units (OGUs: see Crovello, 1981) is given:
- main subantarctic islands (Falklands, Iles Croazet, Iles de Kerguelen, Macquarie Island, South Georgia);
- extra American continents (Australia, Eurasia, North America, New Zealand);
- latitudinal belts of Argentina and Chile and Tierra del Fuego (see Fig. 2). The latitudinal belts of Argentina (A) and Chile (C) are delimited as follows (Fig. 2):

A1: from Estrecho de Magallanes (about 53° S) to 50° S;
A2: from 49° to 45° S;
A3: from 44° to 40° S;
A4: from 39° to 35° S;
A5: less than 35° S;

C1: from Estrecho de Magallanes (about 53° S) to 50° S;
C2: from 49° to 45° S;
C3: from 44° to 40° S;
C4: from 39° to 35° S;
C5: less than 35° S;

The latitudinal extension of these OGUs is based on the fact that many species have their northern latitudinal limit at about 50°, 40° or 35° S in Chile and 50° or 40° S in Argentina.

The political boundary between Argentina and Chile corresponds well with the main phytoclimatic subdivision of southernmost South America, (see Hueck, 1966 and Walter, 1983), separating the regions with oceanic climate (Chile) from those with a more continental climate (Argentina). An exception is the Chilean area north of the Estrecho de Magallanes, which borders the Atlantic Ocean; this area is characterized by a dry climate, and for this reason it has been assigned to the corresponding latitudinal belt of Argentina

Ecological data

The habitats in which the species of Tab. 1 may be found are reported in Tab. 2. The sources are original field data (see Appendix), original phytosociological releves of woody habitats (not reported), and literature data (Moore, 1983). These data have been further compared with phytosociological and ecological informations reported by Roig, Anchorena et al. (1985) and Roig, Dollenz et al. (1985).

The habitat-types are defined as follows (abbreviations as in Fig. 8):
FS - *Festuca gracillima steppe*. Climax vegetation in which low tussock grasses are predominant; often exploited as pastures.
EH - *Empetrum rubrum heaths*. (Murtillares, after "Murtilla", the local name of *Empetrum*). Extensive heathlands intermingled with the climax steppe on well

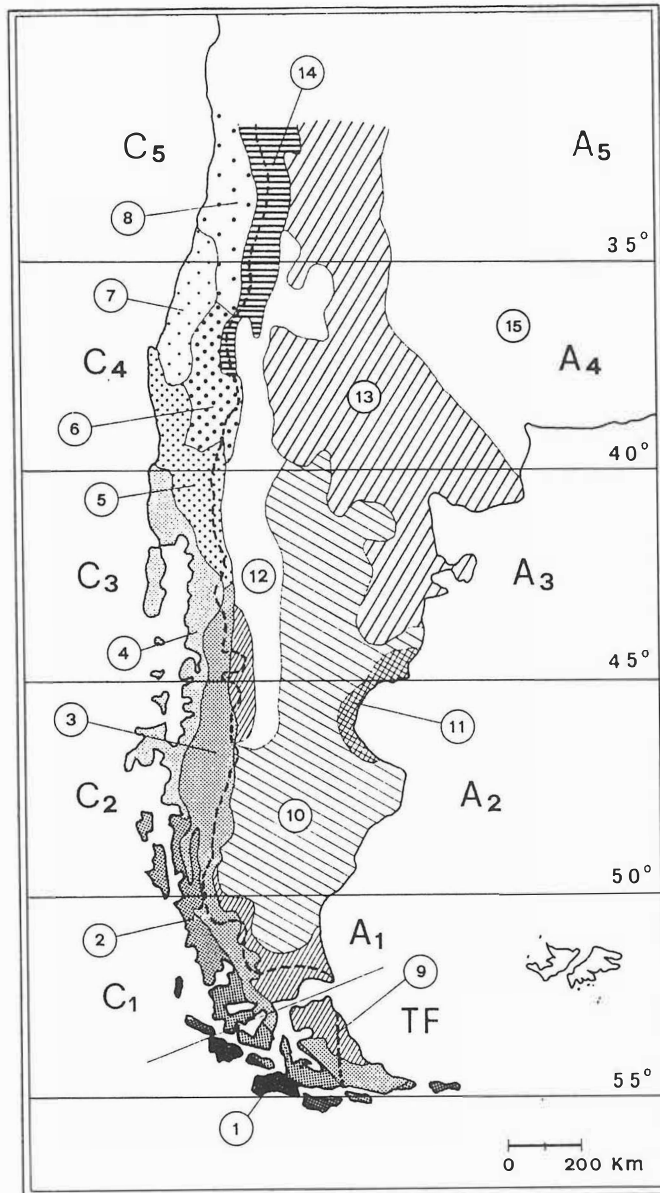


Fig. 2 - Subdivision of the South American continent into Operational Geographic Units (OGUs; for explanations see text). The main vegetation zones are indicated as follows: 1) Magellanic Moorland; 2) Patagonian and Magellanic evergreen forest; 3) Patagonian and Magellanic deciduous forest; 4) Valdivian rain forest; 5) *Nothofagus obliqua-N. procera* forest; 6) *Araucaria* forest; 7) Subtropical sclerophyllous vegetation; 8) coastal desert; 9) Fuego-Patagonian steppe; 10) Central District semi-desert; 11) Grass steppe and shrub communities of San Jorge Gulf District; 12) Occidental District shrub steppe ; 13) Open shrub vegetation (*Larrea* spp.) of the Monte Province; 14) Alto-Andean vegetation; 15) Pampa.
From Hueck (1966); Moore (1983a), Walter (1983); Paruelo et al. (1991), modified.

drained soils, characterized by low vegetation cover, paucity of species and a severe soil erosion (Collantes et al., 1989).

MG - *Mesic grasslands.* Widespread in the Patagonian steppe zone, in sites with higher soil moisture due to weak soil drainage, or in depressions.

CS - *Chiliotrichum scrubs.* Scrub communities intermediate between FS and DF, in which species of both climax vegetations are frequent.

DF - *Deciduous forests.* Forest communities, well developed from sea level to ca. 500 m, mainly in areas with a temperate climate; heavily modified by man during the last century in order to extend the pastures.

EF - *Evergreen forests.* Forest communities of SW Fuegia, including the mixed evergreen-deciduous forests (Bosque Magallanico mixto), the *Nothofagus betuloides* pure forests, on peaty and humid soil, and the *Nothofagus betuloides-Drimys winteri* forests, on better drained soil (brown forest soil).

FM - *Forest margins.* Clearings and margins of DF, with two main communities, the *Chiliotrichum-Berberis buxifolia* scrub, present in the transition zone between the steppe and the deciduous forest (Moore,1983), and the *Pernettya mucronata* scrub, bound to more humid conditions.

B - *Bogs.* This habitat-type includes cushions-, graminoid-, *Sphagnum-* and *Marsippospermum* - bogs, differing in geomorphology, precipitation and altitude. The *Marsippospermum* bogs often intergrade with mesophytic grasslands.

AH - *Alpine habitats.* Above timberline, lying at about 500-600 m. They include heathlands and feldmark. The latter, called Desierto Andino (Pisano, 1974), is widespread in exposed areas, with scarce cover of higher plants, but abundant lichens and mosses. The delimitation of the two communities is often arbitrary (Moore, 1983).

RH - *Riparian habitats.* Along streams, permanent creeks and near lake shores, on deep, acid soils with high water availability, where tall herb communities are common. Species of these habitats are often present also in littoral vegetation, mainly on gravelly shores, where the salinity is lowered by freshwater drainage (Roig, Dollenz et al., 1985).

HG - *Humid grasslands.* Herb communities of the forest zone, developed in clearings or along the forest margins.

R - *Rocks.* Azonal habitat-type, with chasmophytic and/or chomophytic elements, characterized by strong irradation, soil erosion and excessive drainage.

SG - *Saline grasslands.* Developed in depressions of the Patagonian steppe, where evaporation strongly exceeds precipitation, causing an heavy accumulation of salts at the soil surface.

S - *Sea shores.* This habitat-type includes both sandy and rocky shores. Many species present on sandy shores (psammophytic species) are frequent also in inland areas, where old coastal terraces are present. True halophytic species grow mainly on rather silty soils; on pebble or shell deposits, just above the highwater mark, riparian species may be present.

Methods

The matrix of species and OGUs and the matrix of species and habitat-types have been processed by programs of multivariate analysis in order to detect possible correlations between the phytogeography and the ecology of the species.

A preliminary step concerns the evaluation of the phytogeographic information content of our floristic data with respect to the information of the whole flora of Isla Grande. The Information Analysis was performed according to the Shannon's Entropy functions (Shannon & Weaver, 1949), on the matrix of Tab. 1 (species and OGUs), compared with a second matrix of species and OGUs (not reported) in which all the species of Isla Grande were considered. The Informational Divergence (D) between the data sets of Tab. 1 (P) and the data of the whole flora of Isla Grande (Q) was computed with the following equation (Feoli et al. 1984; Orloci & Kenkel, 1985):

$$D(P,Q) = \Sigma_i \, p_i \ln (p_i/q_i) \qquad 1)$$

wehere p_i = observed frequency, q_i = expected frequency, i = number of OGUs.

Phytogeographic data (Tab.1) were analyzed with Minimum Variance cluster analysis on a similarity matrix based on Euclidean Distance (Wildi & Orloci, 1983), in order to detect groups of species with similar distribution patterns (phytogeographic elements).

The frequencies of the species groups in the OGUs (Tab. 1) and in the habitat types (Tab. 2) have been reported in two contingency tables. These were adjusted to block size (Orloci and Kenkel, 1985) and were submitted to Analysis of Concentration (AOC, Feoli & Orloci, 1979) to quantify:

a) the floristic similarity between OGUs;

b) the correlations between groups of species with a similar distribution pattern (chorological elements) and habitat types.

Results

The climate of the survey area

Climate plays the main role in the geographic distribution of the vegetation zones. The climatic diagrams of Ushuaia and Rio Grande, localities at the extremities of the transect, are reported in Fig. 3a and 3b, respectively. Ushuaia is located on the north side of the Beagle Channel, in the deciduous forest zone, while Rio Grande, on the Atlantic coast, is surrounded by a typic Patagonian Steppe. The difference between the mean monthly temperature of the coldest and warmest months is 8.7 °C in Ushuaia, 11 °C in Rio Grande.

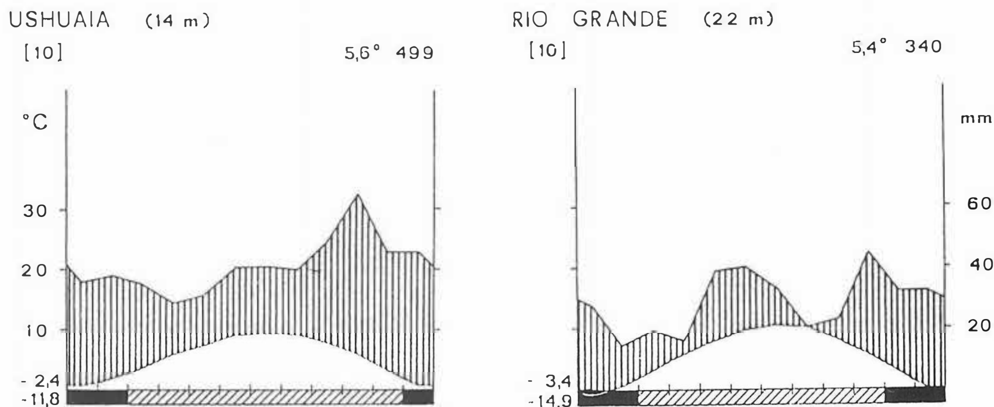


Fig. 3 - Climate diagrams: a) Rio Grande; b) Ushuaia. According to Walter & Lieth (1960), decade 1971-1980.

Furthermore, the differences between monthly means of maximum and minumum temperature during the growing season are wider in Rio Grande (10.2 °C in January) than in Ushuaia (8 °C in the same month).

The monthly SD values in Ushuaia and Rio Grande, computed for the period 1971-1980, are shown in Fig. 4: throughout the year the SD values are more stable in Ushuaia than in Rio Grande; the highest SD values during the growing season are reached in Rio Grande.

However, it is rather difficult to explain the strong vegetational gradient along the transect, from evergreen forest to steppe, only on the basis of a decrease in precipitations of ca. 160 mm/year. As other authors suggested (Stenz, 1947; Szymkiewitcz, 1925; Walter, 1968) other important and often neglected climatic factors are the frequency and speed of wind, and the air humidity. These factors may cause a strong increase in Potential Evapotraspiration (PET). Intense, dry west winds often blow on the plains in the northeastern part of Isla Grande, so that the PET value is expected to be almost eight times higher than the temperature values (Walter, 1968); no data were available to compare directly Ushuaia and Rio Grande.

Fig. 5 reports the monthly Dryness Index (DI_m) of the two localities. This index takes into account also the frequency and speed of wind. In Rio Grande the DI_m is higher throughout the year, with two maxima in October and February (40 and 34, respectively), while in Ushuaia it is lower and more

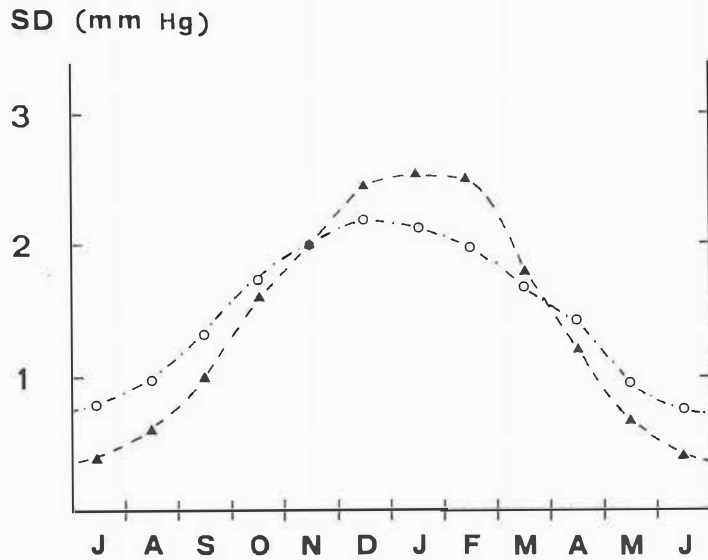


Fig. 4 - Mean monthly Saturation Deficit (SD_m) of Rio Grande (triangles) and Ushuaia (open circles); decade 1971-1980 (expl. in text).

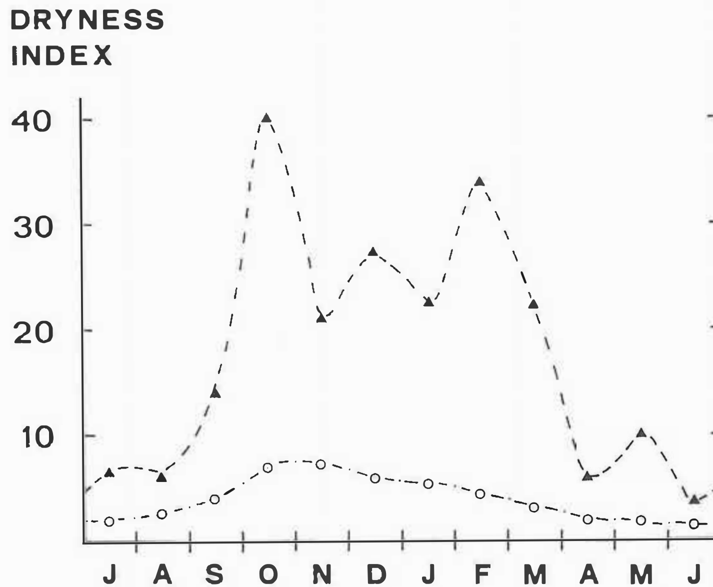


Fig. 5 - Mean monthly Dryness Indices (DI_m) of Rio Grande (triangles) and Ushuaia (open circles) according to Stenz (1947); decade 1971-1980 (expl. in text).

stable, ranging from 2 to 7. According to Stenz (1947) a value of 6 may be considered the limit between the temperate and the true-steppe climate, and Rio Grande has a DI_m higher than 6 throughout the growing season.

Moreover, the annual Moisture Index (MI = Precipitation/ PET), based on the Thornthwaite & Mather (1957) PET, are 1.13 for Usuhaia and 0.84 for Rio Grande (Box, 1986). The value of MI = 1.0 represents the hypothetical boundary between humid and dry bioclimates. In Isla Grande the isoline of MI = 1.0 coincides with the ecotone between the deciduous forests and the Fuego-Patagonian steppe (Box, 1986).

The gradient from woody to scrubby and to herbaceous communities corresponds to the progressive reduction of their Leaf Area Index (LAI, i.e. the ratio of total leaf area to the total ground area covered): the transpiring surface is reduced, in order to endure the higher values of DI along the gradient, mainly due to the dessiccating action of wind and to the scarcity of soil water reserve.

Information analysis of the chorological data

In order to test the representativity of our data set (216 species, Tab. 1) with respect to the whole native flora of Isla Grande, the frequency distributions of our 216 species in the OGUs have been compared with those of the 402 species constituting the total native Flora of Isla Grande on the basis of Information Theory.

The Shannon's Entropy Function gives the following values:

H(Q) = 3.573 bits (information of the whole flora);
H(P) = 3.628 bits (information of our data set);
H(P,Q) = 3.494 bits (mutual information).

Furthermore, according to equation 1):
D(P,Q) = 0.006 bits (informational divergence between the two variables).

The high mutual information and the very low informational divergence indicate that our data set may be considered as highly significant for a chorological analysis.

The contributions of the single OGUs to the total divergence are smaller than 0.01. Only A1 and A2 (Argentinian parts of the Fuego-Patagonian region) have higher values (-0.017 and -0.020 respectively). This might be due to the fact that we did not survey some peculiar habitats or isolated stations which host species restricted to the Fuego-Patagonian region, or very rare in Isla Grande, such as *e.g. Botrychium dusenii* (coastal sands and shell deposits), *Poa atropidiformis, Puccinellia skottsbergii, Frankenia chubutensis* (saline grassland), *Benthiamella nordenskjoldii, Androsace pusilla, Onuris papillosa* (only one or two stations in Isla Grande).

Chorological analysis

The 216 species have been classified on the basis of their presence in the OGUs (Tab.1) to obtain groups of species with similar distribution (phytogeographic elements). The results are reported in the dendrogram of Fig. 6. In Tab. 1 the species are ordered according to this classification.

Twelve groups are formed at a dissimilarity value of 13 (Euclidean Distance). The main features characterizing these groups are:
a) presence in OGUs outside the South American continent (species groups 1, 2 and 6);
b) absence in the Argentinian OGUs (species group 11);
c) absence in the Chilean OGUs (species groups 9 and 10);
d) presence in both Chilean and Argentinian OGUs (3, 4, 5, 7, 8 and 12).

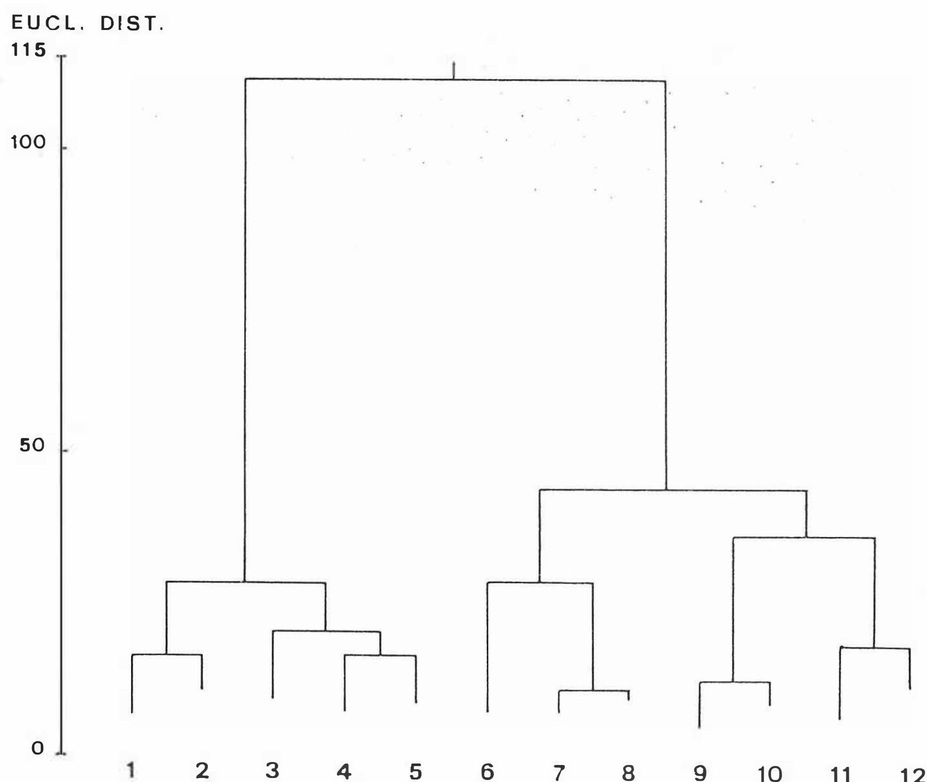


Fig. 6 - Classification of the species based on the data in Tab. 1. The fusion levels of species groups are indicated in the dendrogram.

Species groups 1 and 2 include species with broad ranges extending to North America and Eurasia. Group 1 consists of 5 species whose Chilean distribution is limited to C1; only *Carex microglochin* and *Plantago maritima* are present also in C2. The Argentinian distribution of this group extends to A5 (50 % of the species). Group 2 includes 14 species with a broader range in Chile extending to C5 (with the exception of *Apium australe* and *Trisetum spicatum*). Only two species (14 %) are present in A5. 36 % of the species are present also in New Zealand and Australia.

Species group 6 is formed by 10 species with subantarctic distribution: South Georgia, Iles de Kerguelen, Macquarie Island and Iles Croizet; only two species (*Crassula moschata* and *Grammitis magellanica*) occur also in New Zealand. These species have different latitudinal limits in South America.

Species group 11 consists of 7 species whose ranges are limited to the Chilean region. All of them are present in C3; two species, *Carex vallis-pulchrae* and *Oxalis magellanica* extend further North to C4. *Oxalis magellanica* and *Carpha alpina* are also present in New Zealand and Australia.

Species groups 9 and 10 include species whose ranges are almost completely limited to the Argentinian OGUs. They differ mainly in the broader ranges of the 23 species of group 10, which are present in A3, and 44 % of them also in A4. Only six species (*Acaena antarctica, Marsippospermum reichei, Senecio kingii, Senecio miser, Satureja darwinii* and *Silene magellanica*) are present in C1. The ranges of the 11 species of group 9 are more restricted, extending only to A2.

Numerous groups of species are present both in the Chilean and in the Argentinian OGUs Their ranges are progressively restricted to southern latitudes in this order: groups 3, 4, 5, 7, 8, 12. They are discussed briefly in the following.

Species group 3 (29 species) has the widest latitudinal extension, with 75% of the species extending north to A5 and C5.

Species groups 4 (14 species) *and 5* (27 species) have their northern limit in A4 and C4. It is noteworthy that almost all the species of group 5 are absent from the Falklands (Islas Malvinas).

Species group 7, with 17 species, is limited to A3 and C3; only *Codonorchis lessonii, Senecio candidans* and *Empetrum rubrum* are present also in C4.

Species group 8 is formed by 25 species rather irregularly distributed in the OGUs (see Tab. 1); one species (*Hippuris vulgaris*) is even present in North America and Eurasia.

Species group 12 (34 species) is formed by species restricted to C1 and A1. 17 species have a broader range including the Falklands (Islas Malvinas) and/or A2.

Ordination of the chorological data

The 20 OGUs reported in Tab. 1 have ben submitted to Canonical Analysis (AOC) on the basis of a contingency table (species groups by OGUs) obtained with the previous classification, in order to analyze their floristic similarity. The results are reported in Fig. 7.

The first two axes account for 50 % of the total variance. The first axis (30 % of the total variance) allows to distinguish, with negative scores, the subantarctic extra-American OGUs (Iles Croizet, Macquarie Island, Iles de Kerguelen, South Georgia, Falklands), New Zealand and Australia. The second axis (20 % of the total variance) identifies a South-North latitudinal gradient from subantarctic (negative scores) to boreal (positive scores) OGUs.

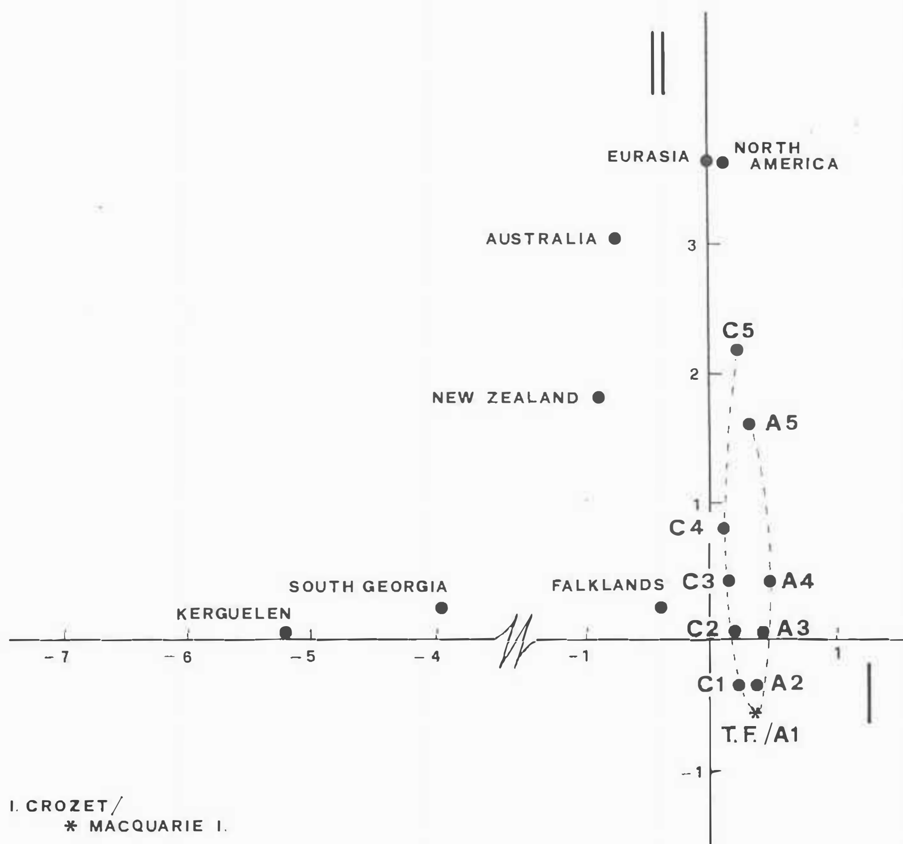


Fig. 7 - Distribution of the Operational Geographic Units (OGU's) according to the first two canonical variates of AOC, based on the adjusted contingency table of OGUs and species groups (Tab. 1). T.F.: Isla Grande de Tierra del Fuego; A1 - A5 and C1 - C5: latitudinal belts of Argentina and Chile, as in Fig. 2 (expl. in text).

The subantarctic OGUs are comprised between 50° and 55° lat. S and seem to be more related to the Chilean OGUs than to the Argentinian ones. The position, on the first axis, of each subantarctic OGU is related to the number of species present in the OGU: those with higher scores have the lowest number of species. The different position of the Chilean and Argentinian OGUs along the second axis indicates the higher floristic affinity of the Argentinian OGUs with Isla Grande, A1 coinciding with Isla Grande de Tierra del Fuego.

Canonical analysis of chorological elements and habitat types.

In order to detect the relations between chorological elements and habitat types, the adjusted contingency table (species groups by habitat types) based on the binary data of Tab. 2 has been submitted to AOC (Fig. 8). The contribution to the total X^2 accounted for by the first two canonical variates is 41 and 27 %, respectively.

The first axis identifies a gradient of hygrophytism from the negative scores (drier habitat types: *Festuca gracillima* steppe, *Chiliotrichum* scrub) to the positive scores (perhumid habitat types: bog, humid grassland, and riparian habitats). The second axis seems to be related to the vegetation structure, ordering the habitat types from woods, through scrubs and heaths, to herbaceous vegetation.

The species groups 9, 10, 5, 7, 11, 6, 1 and the habitat types FS, MG, CS, EH, R, DF, EF, B, HG, RH have the highest positive or negative scores on the first two canonical variates. They are disposed along a horse-shoe (thin curve in Fig. 8) and are those for which the correlation between the two sets of variables is highest .

The frequency values of the species groups in each habitat type, the latter disposed according to their sequence along the horseshoe, will be used for their ecological characterization (Fig. 9a). Species groups and habitat types within the dotted line in Fig. 8 are not differentiated by the analysis, and will not be considered in the following discussion.

Discussion

The correlations between the chorology and the ecology of the species groups along the gradient of Fig. 8 are discussed in connection with Fig. 9 a) and b).

Species groups 9 and 10 - These groups are highly correlated with the steppe vegetation of Fuegia (AOC of Fig. 8). The range of group 9 is restricted to the Argentinian OGUs of the Patagonian steppe zone, from Tierra del Fuego to A2 (Fig. 9b). This group has the highest correlation with the *Festuca gracillima* steppe at the driest extreme of the moisture gradient revealed by AOC (Fig. 8).

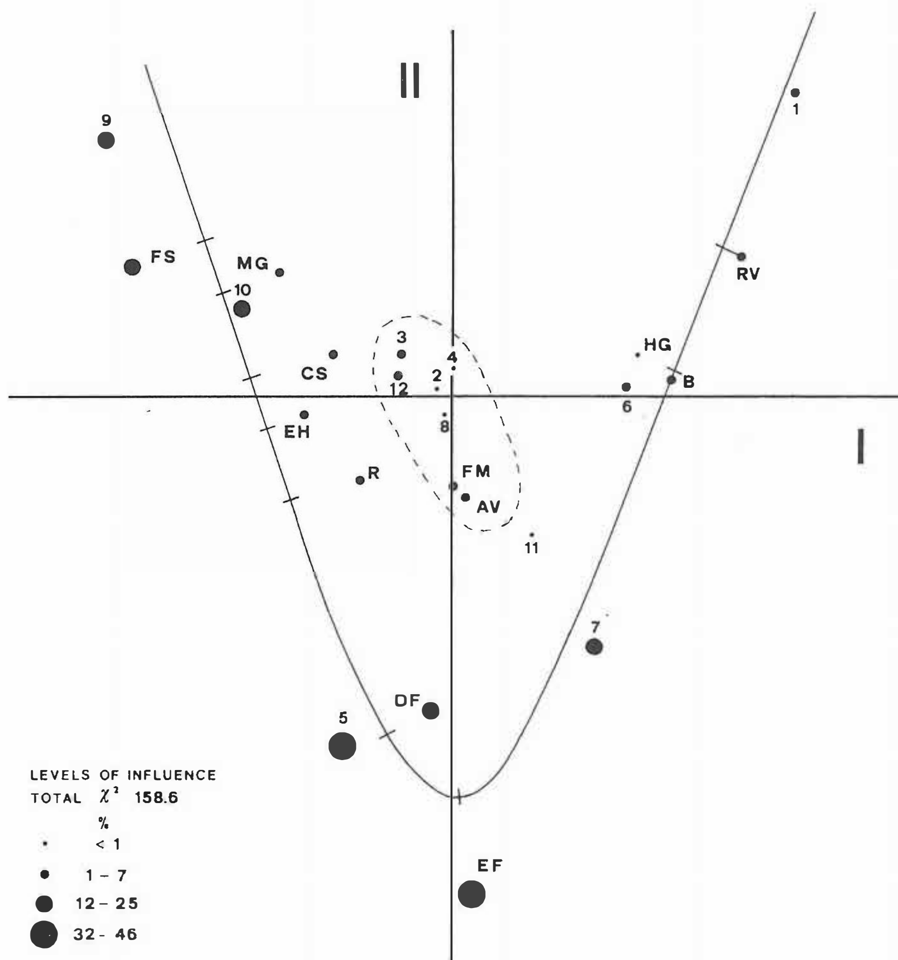


Fig. 8 - AOC between the species groups and the habitat-types, based on the contingency table obtained from the binary data of Tab. 2. Abbreviations and numbers as in Tabb. 1 and 2. The thin line represents an axis utilized for the costruction of Fig. 9a. The dashed line includes the points not considered in Fig. 9.

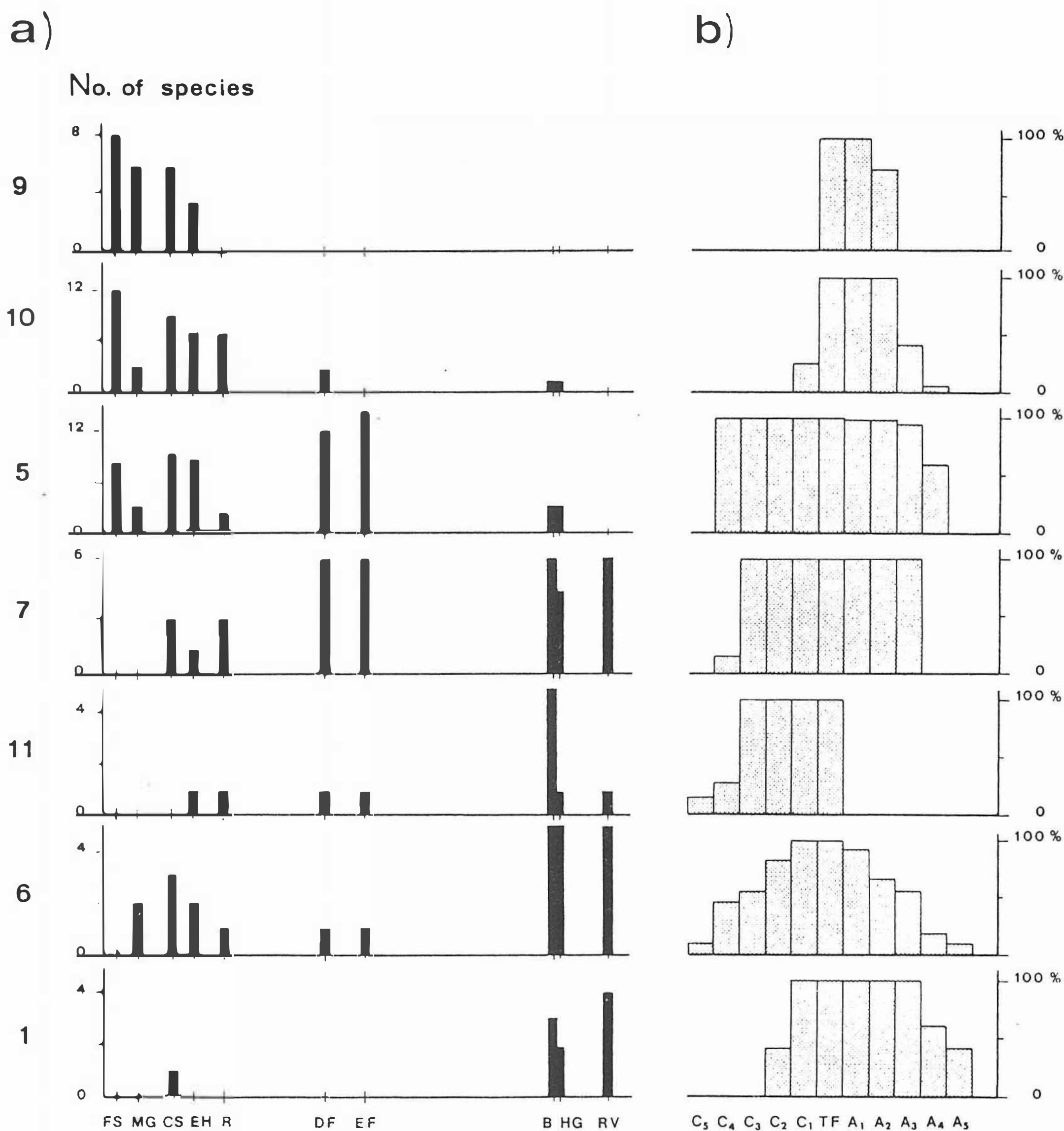


Fig. 9 - Absolute frequency values of the species groups in the habitat types with highest scores in the AOC of Fig. 8, disposed along the new axis of Fig. 8. Group numbers and abbreviations as in Tabb. 1 and 2, respectively (Fig. a). Frequency values of the species groups in the South American OGU's; abbreviations as in Fig. 7 (Fig. b).

73 % of the species may be found in this habitat type; some of them are also present in other habitat types of the Patagonian region (see Fig. 9a): mesic grassland and *Chiliotricum* scrub (53 % of the species), and *Empetrum* heath (27 %). The same species are considered as characteristics of syntaxa including the steppe communities (*Festucetea gracillimae: Phaiophleps biflora, Leucheria purpurea; Berberidio-Empetretalia: Leucheria hahnii, Adesmia salicornioides, Chenopodium antarcticum; Nardophyllo-Festucetalia: Huanaca acaulis*; Roig, Anchorena et al., 1985). *Pratia longiflora* grows in mesic grassland communities in small depression of the steppe, where higher soil moisture is present.

The altitudinal range of the species goes from 0 to 200-300 m, with the exception of *Draba funiculosa* and *Leucheria hahnii*, two cryophytic species that may be found to ca. 1100 m. Other species of cryophytic communities are *Senecio laseguei* and *Adesmia pumila*. Most of these species behave as mountain elements further North: 55 % of the species in southernmost Patagonia are restricted to the Eastern (Marginal) Cordilleras (Moore, 1983b).

The range of group 10 is slightly more extended than that of the previous group (Fig. 9b). The frequency values along the gradient are similar (Fig. 9a), with the highest value in the *Festuca gracillima* steppe. True steppe species are *Adesmia lotoides, Azorella caespitosa* and *Satureja darwinii*. Also in this group, the distribution of ca. 52 % of the species in the Southernmost Patagonia is restricted to the Eastern (Marginal) Cordilleras (Moore, 1983b). However, three species are true orophytes also in Isla Grande (*Senecio kingii, Nassauvia pygmaea, Marsippospermum reichei*), having their lowest altitudinal limit at ca. 400 m. According to Moore (1983), *Gamochaeta nivalis* grows on open soil and rock-crevices, but it is very common also in the *Festuca gracillima* steppe, since it characterizes the humid variants of this community at higher altitudes (Paruelo et al., 1991). A small group of species included in this group (*Calceolaria biflora, Oxalis enneaphylla, Silene magellanica* and *Hieracium antarcticum*) is often present also in rather xeric woods dominated by *Nothofagus antarctica*

Species groups 5 and 7 - Highly correlated with the forest vegetation of Fuegia (Fig. 8), the groups 5 and 7 have rather similar distribution patterns: the species of group 5 extend from Tierra del Fuego to 35° S, while those of group 7 extend to 40° S. Almost all the species of these groups are present on both sides of the Andean Cordilleras, with a scattered distribution (Paruelo et al., 1991); at lower latitudes their altitudinal limits are remarkably enlarged (Hueck, 1966; Walter, 1968, Eskuche, 1973).

Along the gradient (Fig.9a) group 5 has high frequency values in steppe habitats (*Festuca gracillima* steppe and *Chiliotrichum* scrub) and lower values in perhumid habitat-types. This group, however, has a frequency maximum in the Evergreen Forest, characterized by the presence of *Drimys winteri, Gavilea lutea, Maytenus disticha, Maytenus magellanica, Berberis ilicifolia, Embothrium coccineum, Rubus geoides, Nothofagus pumilio, Adenocaulon chilense, Misodendrum spp.* It is noteworthy that no species of this group is present in the Falklands (Islas

Malvinas). Many species of this group , at lower latitudes, are rather frequent also in the Valdivian rain forest (Veblen et al., 1980).

Group 7 does not include any true steppe species, but it retains species of the ecotonal habitats between steppe and forest (*Chiliotricum* scrub and *Empetrum* heath). Some species of this group are also present at the humid extreme of the gradient (*Dysopsis glechomoides, Senecio smithii, Ourisia ruelloides, Geum parviflorum, Bolax gummifera* and *Cotula scariosa*).

Species group 11 - This group is very well characterized both from the phytogeographic and ecological points of view: its distribution is restricted to the Chilean OGUs, from Fuegia to 40° S and its species are most frequent in the Magellanic moorland habitats (B). The bog communities of the Magellanic moorland (Godley, 1960) are widespread along the Pacific coast of the Chilean Archipelago (Roig, Dollenz et al., 1985), often intermixed with fragments of evergreen woods. The main ecological features of this vegetation type seems to be: a) very high rainfall (2000-5000 mm/year), b) relatively low temperatures, c) poor drainage and d) skeletal lithosols or peat (Moore, 1983b). Such habitats are quite rare along our transect, and are confined to its southwestern part. This is due to the low precipitations of the region.

Species group 6 - This group is characterized by species with scattered distribution in the circum-Antarctic islands (Bliss, 1978). In Tierra del Fuego they mainly occur in humid habitats: bogs, humid grassland and riparian vegetation. The Pteridophytes of this group (*Blechnum penna-marina, Grammitis magellanica, Lycopodium magellanicum*) may be present also in humid, mixed woods and shrub communities. *Festuca contracta* and *Azorella selago* are frequent in feldmark communities of the alpine belt of Isla Grande. *Juncus scheuchzerioides* is the species that most extends northwards (to 28° Lat S): it occurs mainly in areas with non-forested communities (Moore, 1983).

Species group 1 - This group with prevailing Argentinian distribution, from Fuegia to 30° Lat. S, is characterized by species present in both Austral and Boreal (North America and Eurasia) areas. It is highly correlated with the riparian vegetation (see Fig. 8): all the species may be found in this habitat type, at the perhumid extreme of the gradient (Fig. 9a). They are rather frequent also in bogs or humid grasslands (see also Schwaar, 1981).

Austral populations of some of these species have been separated at different infraspecific levels (*Plantago maritima* subsp. *juncoides*; *Carex magellanica* subsp. *magellanica*; *Carex curta* var. *robustior*). Since they show different degrees of morphological or biochemical differentiation, but have the same chromosomic number (Moore, 1967; Moore & Chater, 1971), the variation could result from different times of migration, or from different evolutionary rates (Moore, 1972), or from both.

Conclusions

The flora of Isla Grande de Tierra del Fuego has 273 genera (*Azolla, Beta, Convolvolus, Fumaria* and *Helianthus* included); 22 % of them are introduced. About 56 % of the autochtonous genera (i.e. 118 out of 212) are represented by one species in Fuegia. The number of Fuegian endemic species is low, corresponding to ca. 3 % of the total flora (Moore, 1983a). These features suggest that the Fuegian flora is young, and has migrated in recent times from the adjacent territories, probably along the Andean Cordilleras. The climate of the Southern Andes has a sharp variation from North to South (see map in Walter, 1983). The Andes act as a North-South bridge of colder climates connecting different floristic districts. Plant species could migrate latitudinally and altitudinally following the climatic changes during the glacial period. A similar situation is coomented by Lausi & Nimis (1991) for northwestern North America. In this region, during the xeric interglacials, an ice-free corridor along the North American Cordilleras connected Beringia with southern ice-free regions across the ice-sheets; this corridor permitted the northwards immigration of prairie species from the southern refugia.

The Andean migration hypothesis seems to be particularly founded for the Fuegian steppe species, since: *i*) ca. 50 % of them have ranges restricted to the Eastern Marginal Cordilleras of Southern Patagonia (Moore, 1983b); *ii*) there are many geographic vicariant species connecting the Fuegian steppe communities to those of more northern latitudes. These communities occur between 46° and 50°30' Lat. South as isolated stands; further North they form a narrow grassland belt between 71° and 71° 30' Long. W, corresponding to the Subandean District (Paruelo et al., 1991; see also Fig. 2). These area seems to be the irradiation centre of the Fuegian steppe flora, since Fuegia was completely covered by ice, while the Central District lies just near the line of maximal ice advance (Caldenius, 1932). Different authors stressed the importance for plant speciation of range expansions and subsequent isolation due to rapid and drastic climatic changes (Hultén, 1937). This mechanism would explain the high number of geographic vicariant taxa along the Marginal Cordilleras (Simpson, 1973).

The Andes certainly played an important role also in plant migration between the two hemispheres, since South America shares more than five times as many species with the Boreal hemisphere than it does, for instance, New Zealand (Moore, 1972). In any case, the taxa involved in the migration seem to have a northern origin (Stebbins, 1971; Gajewski, 1957; William & Murray, 1972) and exceptions are very rare (for instance, *Colobanthus quitensis*, see Moore, 1970). Sheard (1977), on the basis of the chemical analyses of several populations of *Thamnolia subuliformis*, showed that this lichen penetrated into South America through the Northern and Central Cordilleras. A similar pattern is shown by many other plants and cryptogams, such as *Carex macloviana* (Hultén & Fries, 1986) and *Cetraria islandica* (Kärnefelt, 1971). A disjunction

between the southernmost part of South America and Central America is present in the distribution ranges of several species (Kärnefelt, 1971).

On the contrary, the bipolar ranges of several plants (mainly *Carex*, but also *Plantago*, see Moore, 1972), which are absent from the Cordilleras, could be explained on the basis of long-distance dispersion by birds or air currents. This hypothesis was supported for the first time by Hooker (1879), who stressed the affinities between the floras of Fuegia and those of the Subantarctic islands. It is noteworthy that many bipolar species grow in aquatic habitats, such as graminoid bogs or riparial vegetation, which are often visited by birds. The long-distance dispersion hypothesis is confirmed indirectly by the higher number of bipolar cryptogams (Hertel, 1984, 1987) with respect to phanerogams. Cryptogams reproduce by very light propagules (in the lichens, spores, isidia, soredia or thallus fragments) which are more easily transported over long distances than seeds (Bailey & James, 1979; Nimis, 1991). Du Rietz (1940) proposed the persistance hypothesis to explain the broad disjunctions in the ranges of several Southern Hemisphere taxa. This hypothesis, based on plate tectonics and particularly on the fragmentation of the Gondwana supercontinent, appears improbable for taxa at species or genus level, while it may explain disjunctions at family level (ca. 80-85 % of families in New Zealand and in South America south of ca. 40° S occur in the Northern Hemisphere, Moore, 1972). The persistance hypothesis has been supported by different authors in phytogeographic studies on lichen species (Sheard, 1977; Galloway, 1988), but it is acceptable only if we agree with the hypothesis that these organisms have a lower evolutive rate than phanerogams.

The Fuegian nemoral species seem to have migrated along the Cordilleras too. A continuous forest belt was present across Argentina in the first part of the Tertiary, and contracted gradually until the Pliocene (Groeber, 1936; Gerth, 1941), persisting up to the present times on the eastern slopes of the Andes. According to Simpson (1973) the Andean *Nothofagus* forests have been a conservative habitat since the early Tertiary. These hypotheses are supported by different paleobotanical evidences (Gerth, 1941; Cerceau-Larrival, 1968). Presently, the forests of Fuegia are rather species-poor compared with the Andean forests at lower latitudes. No Fuegian endemic is present in these forest communities, suggesting that the *Nothofagus* forests have offered few opportunities for speciation in postglacial times. Some Fuegian forest taxa with high chromosome number seem to be derived from other taxa of open habitats, such as screes and grasslands (Moore, 1972). Probably the large ecotonal areas between woods and steppe have played an important role in this phenomenon.

Concluding remarks

The results of this study show that seven out of twelve species groups defined on a phytogeographical basis are well correlated to the main habitat-

types of Fuegia. This allows to relate phytogeography, ecology and history of these species.

This study further indicates that data limited to a part of the flora may allow to obtain generally valid results when these are related to a vegetational gradient. The informational content of the whole flora seems to be highly redundant, since ca. 50 % of the total autochtonous Flora of Fuegia has almost the same representativity of the total flora.

A survey carried out in such a way as to sample the broadest possible ecological variation of an area allows to obtain a higher degree of ecological and phytogeographic information, avoiding the problem of the scarce representativity of floras in small areas (Malyshev, 1991).

Acknowledgements

We would like to thank Prof. M.B. Collantes and Dr. H. Anchorena (CONICET, Buenos Aires), who were of great help during an excursion in the steppe region, providing also substantial informations on the species ecology. We are grateful to Dr. D.M. Moore (University of Reading) and Prof. K.H. Rechinger (University of Vienna) who identified some critical taxa, and to Prof. P.L. Nimis and Dr. M. Codogno for useful comments on the manuscript.

References

Auer V., 1933. *Verschiebungen der Wald- und Steppengebiete Feuerlands in postglazialer Zeit.* Acta Geograph., 5 (2).

Auer V., 1939. *Der Kampf zwischen Wald und Steppe auf Feuerland.* Pet. Mitt., 1939: 193-197.

Auer V., 1956. *The Pleistocene of Fuego-Patagonia. I: The ice and interglacial ages.* Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. AIII, 45: 1-226.

Auer V., 1958. *The Pleistocene of Fuego-Patagonia. II: The history of flora and vegetation.* Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A III, 50: 1-239.

Bailey R.H. & P.W. James, 1979. *Birds and the dispersal of lichen propagules.* The Lichenologist, 11: 105.

Bliss L.C., 1979. *Vascular plant vegetation of the Southern Circumpolar-Region in relation to antarctic, alpine, and arctic vegetation.* Can. J. Ecol., 57: 2167-2178.

Boelcke O., Moore D.M. & F.A. Roig (eds.), 1985. *Transecta botanica de la Patagonia Austral.* Consejo Nacional de Investigaciones Cientificas y Tecnicas, Instituto de la Patagonia, Royal Society, Buenos Aires, pp. 1-733.

Box E.O., 1986. *Some climatic relationships of the vegetation of Argentina, in global perspective.* In: U. Eskuche & E. Landolt (eds.), *Contributions to the knowledge of flora and vegetation of northern Argentina.* Veroeff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel Zürich, 91, 332 pp.

Brundin L., 1988. *Phylogenetic biogeography.* In: A.A. Myers & P.S. Giller (eds.), *Analytical Biogeography.* Chapman and Hall, London, pp. 343-369.

Burgos J.J., 1985. *Clima del extremo sur de Sudamerica.* In: O. Boelcke, D.M. Moore & F.A. Roig (eds.), *Transecta botanica de la Patagonia Austral.* Consejo Nacional de Investigationes Cientificas y Tecnicas, Instituto de la Patagonia, Royal Society, Buenos Aires, pp. 1-40.

Cabrera A.L., 1971. *Fitogeografia de la Republica Argentina.* Bol. Soc. Arg. Bot., 14: 1-42.

Caldenius C.C., 1932. *Las glaciationes cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego*. Geogr. Ann. Svenska Sällsk. Antropol., 14: 1-164.
Cerceau-Larrival M. Th., 1968. *Contribution palynologique et biogéographique à l'étude biologique de l'Amérique australe*. In: D. Debouteville & E. Rapport (eds.), *Biologie de l'Amérique australe*. C.N.R.S., Paris. Vol. 4, pp. 111-198.
Collantes M.B., Anchorena J. & G. Koremblit, 1989. *A soil nutrient gradient in Magellanic* Empetrum *heathlands*. Vegetatio, 80 (2): 183-193.
Correa M.N., 1969 (ed.). *Flora Patagonica. Pars II*. INTA, Buenos Aires, pp. 219.
Correa M.N. (ed.), 1978. *Flora Patagonica. Pars III, Vol. VIII*. INTA, Buenos Aires, pp. 563.
Correa M.N. (ed.), 1984. *Flora Patagonica. Pars IV-a,b*. INTA, Buenos Aires, pp. 309 + 559.
Cranwell L.M., 1964. Nothofagus: *living and fossil*. In: J.L. Gressit (ed.), *Pacific Basin Biogeography*, Bishop Museum Press, Honolulu, pp. 387-400.
Craw R., 1985. *Classic problems of Southern Hemisphere biogeography re-examined, pangeographic analysis of the New Zealand frog* Leiopelma, *the rarite birds and* Nothofagus. Zeitschr. Zool. Syst. Evol., 23: 1-10.
Craw R., 1988. *Panbiogeography: method and synthesis in biogeography*. In: A.A Myers & P.S. Giller (eds.), *Analytical Biogeography*. Chapman and Hall, London, pp. 405-435.
Croizat L., 1952. *Manual of Phytogeography*. W. Junk, The Hague, 587 pp.
Crow G.E., 1975. *Vegetation of Isla de los Estados, Argentina*. Antarct. J. U.S., 10: 81-85.
Dalziel I.W.D. & D.H. Elliott, 1971. *Evolution of the Scotian Arc*. Nature, 233: 246-252.
Darlington P.J., 1965. *Biogeography of the Southern End of the World*. Harvard Univ. Press, Cambridge.
Du Rietz G.E., 1940. *Problems of bipolar plant distribution*. Acta Phytogeogr. Suec., 13: 215 282.
Dusén P., 1990. *Die Gefässpflanzen der Magellansländer*. Svensk Exped. Magellansl., 3(5): 77-266.
Eriksen W., 1972. *Störungen des Ökosystems patagonischer Steppen- und Waldregionen unter dem Einfluss von Klima und Mensch*. In: Schmithüsen (ed.), Ökologie der Biosphäre. W. Junk Verlag, The Hague, 57-73.
Eskuche U., 1968. *Fisiomomia y sociologia de los bosques de* Nothofagus dombeyi *en la region de Nahuel Huapi*. Vegetatio, 16 (1-4): 192-204.
Eskuche U., 1969. *Berberitzengebüsche und* Nothofagus antarctica - *Wälder in Nordwestpatagonien*. Vegetatio, 19: 264-285.
Eskuche U., 1973. *Estudios fitosociologicos en el norte de Patagonia*. Phytocoenol., 1 (1): 6-113.
Feoli E., Lagonegro M. & L. Orlóci, 1984. *Information analysis in Vegetation Research*. W. Junk, The Hague, pp. 70.
Feoli E. & L. Orlóci, 1979. *Analysis of concentration and detection of underlying factors in structured tables*. Vegetatio, 40: 49-54.
Gajeswski W., 1957. *A cytogenetic study on the genus* Geum L. Monogr. Bot., 4:1-416.
Galloway D.J., 1988. *Plate tectonics and the distribution of cool temperate Southern Hemisphere macrolichens*. Bot. J. Linn. Soc., 96: 45-55.
Galloway D.J., 1991. *Phytogeography of southern hemisphere lichens*. In: P.L. Nimis & T.J. Crovello (eds.), *Quantitative approaches to phytogeography*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 233-262.
Gerth H., 1941. *Die Tertiärfloren des südlichen Südamerika und die angebliche Verlagerung des Südpols während dieser Periode*. Geol. Rundschau, 32: 321-336.
Godley E.J., 1960. *The botany of southern Chile in relation to New Zealand and the Subantarctic*. Proc. Roy. Soc. London, Ser. B, 152: 457-475.
Groeber P., 1936. *Oscilaciones de clima en la Argentina desde el Plioceno*. Holmbergia, 1: 71 84.
Hammen T. van der, 1988. *South America*. In: Huntley B. & T. Webb III (eds.): *Vegetation history*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 307-337.
Hertel H., 1984. *Über saxicole, lecideoide Flechten der Subantarktis*. Beih. Nova Hedwigia, 79 Festschr. Poelt. Cramer, Vaduz, pp.399-499.

Hertel H., 1987. *Progress and problems in taxonomy of Antarctic saxicolous lecideoid lichens.* Bibl. Lichenol., 25: 219-242.
Hooker J.D., 1847. *Botany of the Antarctic voyage of H.M. discovery Ships Erebus ant Terror in the years 1839-1843. I. Flora Antarctica. Part II, Botany of Fuegia, The Falklands, Kerguelen's Land, etc.* Reeve, London.
Hooker J.D., 1979. *Observations on the Botany of Kerguelen Island.* In: *An Account of the Petrological, Botanical and Zoological collectios made in Kerguelen's Land during the Transit of Venus Expedition 1874-1875.* Phil. Trans. R. Soc. London, 168: 9-16.
Hueck K., 1966. *Die Wälder Südamerikas.* G. Fisher Verlag, Jena, pp. 422.
Hultén E., 1937. *Outline of the history of Arctic and boreal biota during the Quaternary Period.*
Hultén E. & M. Fries, 1986. *Atlas of North American vascular plants north of the Tropic of Cancer.* 3 voll. Koeltz Scientific Books, Königstein.
Humphries C.J. & L.R. Parenti, 1986. *Cladistic Biogeography.* Clarendon Press, Oxford.
Kärnefelt I., 1979. *The brown fruticose species of* Cetraria. Opera Botanica, 46, pp. 150.
Lausi D. & P.L. Nimis, 1985a. *Quantitative phytogeography of the Yukon Territory (NW Canada) on a chorological-phytosociological basis.* Vegetatio, 59: 9-20.
Lausi D. & P.L. Nimis, 1985b. *Roadside vegetation in Boreal South Yukon and adjacent Alaska.* Phytocoenol., 13: 103-138.
Lausi D. & P.L. Nimis, 1991. *Ecological phytogeography of the southern Yukon Territory (Canada).* In: P.L. Nimis & T.J. Crovello (eds.), *Quantitative approaches to phytogeography.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 35-122.
Malyshev L.I., 1991. *Some quantitative approaches to problems of comparative Floristics.* .In: P.L. Nimis & T.J. Crovello (eds.), *Quantitative approaches to phytogeography.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 15-23.
Moore D.M., 1967. *Chromosome numbers of Falkland Islands angiosperms.* Bull. Brit. Antarct. Surv., 14: 69-82.
Moore D.M., 1970. *Studies in* Colobanthus quitensis *(Kunth) Bartl. and* Deschampsia antarctica *Desv. II. Taxonomy, distribution and relationships.* Bull. Brit. Antarct. Surv., 23: 63-80.
Moore D.M., 1972. *Connections between cool temperate floras, with particular reference to Southern South America.* In: D.H. Valentine (ed.): *Taxonomy, Phytogeography and Evolution.* Academic Press, London, pp. 115-138.
Moore D.M., 1979. *Southern oceanic wet-heathlands (including Magellanic Moorland).* In: R.L. Specht (ed.), *Heathlands and related shrublands of the world.* Elsevier, Amsterdam, pp. 489-497.
Moore D.M., 1983a. *Flora of Tierra del Fuego.* Anthony Nelson, England; Missouri Botanical Garden, USA, pp. 396.
Moore D.M., 1983b. *The Flora of the Fuego-Patagonian Cordilleras. Its origins and affinities.* Rev. Chil. Hist. Nat., 56 (2): 123-136.
Moore D.M. & A.O. Chater, 1971. *Studies on bipolar species. I.* Carex L. Bot. Not., 124: 317-334.
Moore D.M. & B. Yates, 1974. Armeria *in South America.* Bot. Not., 127:183-192.
Movia C.P., Soriano A. & R.J.C. Leon, 1987. *La vegetacion de la cuenca del Rio Santa Cruz.* Darwiniana, 28 (1-4): 9-78.
Nimis P.L., 1984a. *Contributions to quantitative phytogeography of Sicily. 1st. Correlation between phytogeographical categories and environment-types.* Webbia, 38: 123-137.
Nimis P.L., 1984b. *Contributions to quantitative phytogeography of Sicily. II: Correlation between phytogeographical categories and elevation.* Studia Geobot., 4: 49-62.
Nimis P.L., 1984c. *Contributions to quantitative phytogeography of Sicily. III: Correlations between phytogeographical categories, elevation, and environment types.* Arch. Bot. Biogeogr. Ital., 60 (3-4): 11-40.
Nimis P.L., 1989. *Phytogeographical analysis of a treeline community in northern Yukon Territory (NW Canada).* Vegetatio, 81: 209-215.
Nimis P.L., 1991. *Lo stato delle conoscenze lichenologiche sul continente antartico.* Martello Ed., in press.

Nimis P.L., Feoli E. & S. Pignatti, 1983. *The network of data banks on the Italian flora and vegetation.* In: A. Bisby (ed.), *Databases in Systematics.* Academic Press, London.
Orlóci L. & N.C. Kenkel, 1985. *Introduction to data analysis.* International Co-operative Publishing House, Fairland, Maryland, USA, pp. 339.
Paruelo J.M., Aguiar M.R., Leon R.J.C., Golluscio R.A. & W.B. Batista, 1991. *The use of satellite imagery in quantitative phytogeography.* In P.L. Nimis & T.J. Crovello (eds.), *Quantitative approaches to phytogeography.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 183-204.
Pisano V.E., 1974. *Estudio ecologico de la region continental sur del area andino-patagonica. II. Contribucion a la fitogeografia de la zona del Parque Nacional "Torres del Paine".* Anal. Inst. Patag. Punta Arenas (Chile), 5: 59-104.
Pisano V.E., 1977. *Fitogeografia de Fuego-Patagonia Chilena I. -Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56°* S. Anal. Inst. Patag. Punta Arenas (Chile), 8: 121-250.
Rechinger K.H., 1990. *Zwei kritische* Rumex-*Arten,* R. longifolius *DC. und* R. aquitanicus *Rech. f., und ihre Verbreitung.* Bot. Jahrb., 111: 347-364.
Roig F.A., Anchorena J., Dollenz O., Faggi A.M. & E. Mendez, 1985. *Las comunidades vegetales de la Patagonia Austral. Primera parte: la vegetacion del area continental.* In: Boelke O., Moore D.M. & F.A. Roig (eds.), *Transecta Botanica de la Patagonia Austral.* Consejo Nacional de Investigaciones Cientificas y Tecnicas, Instituto de la Patagonia, Royal Society, Buenos Aires, pp. 350-456.
Roig F.A., Dollenz O. & E. Mendez, 1985. *Las comunidades vegetales de la Patagonia Austral. Segunda parte: la vegetacion de los canales.* In: Boelke O., Moore D.M. & F.A. Roig (eds.), *Transecta Botanica de la Patagonia Austral.* Consejo Nacional de Investigaciones Cientificas y Tecnicas, Instituto de la Patagonia, Royal Society, Buenos Aires, pp. 457-509.
Roivanen H., 1954. *Studien über die Moore Feuerlands.* Ann. Bot. Soc. Vanamo, 28 (2): 1 205.
Schulz O.E., 1927. Cruciferae - Draba et Erophila. In: A. Engler, *Das Pflanzenreich. Regni Vegetabilis conspectus.* IV.105, 89. H.R. Engelmann (J. Cramer), Weinheim.
Seberg O., 1988. *Taxonomy, phylogeny, and biogeography of the genus* Oreobolus *R. Br.* (Cyperaceae), *with comments on the biogeography of the South Pacific continents.* Bot. J. Linn. Soc., 96: 119-195.
Shannon C.E. & W. Weaver, 1949. *The Mathematical Theory of Communication.* Univ. Illinois Press, Urbana, pp. 125.
Sheard J.W., 1977. *Palaeogeography, chemistry and taxonomy of the lichenized ascomycetes* Dimelaena *and* Thamnolia. Bryologist, 80: 100-118.
Simpson B.B., 1973. *Contrasting modes of evolution in two groups of* Perezia (Mutisieae; Compositae) *of Southern South America.* Taxon, 22 (5-6) 525-536.
Skottsberg C.J.F., 1906. *Zur Flora des Feuerlandes.* Wiss. Ergebn. Schwed. Sudpolar Exped., 4(4): 1-39.
Spegazzini C., 1883. *Informe VIII. Relacion botanica.* In: G. Bove (ed.), *Expedicion Austral. Argentina: Informes Preliminares.* Dept. Nac. Agric., Buenos Aires.
Spegazzini C., 1896. *Plantae per Fuegiam a Carolo Spegazzini anno 1882 collectae.* Anal. Mus. Nac. Buenos Aires, II Ser., 5: 39-103.
Stebbins G.L., 1971. *Cromosomal evolution in higher plants.* Arnold, London.
Stenz E., 1947. *Sulla definizione di clima arido.* Geofis. Pura Applic., Milano, 10: 1-10.
Swaar J., 1981. *Amphi - arktische Pflanzegesellschaften in Feuerland.* Phytocoenol., 9(4): 547 572.
Szymkiewicz D., 1925. *Etudes climatologiques. V: Comment characteriser l'humidité d'un climat ?* Acta Soc. Bot. Pol., 2: 239-264.
Thorntwaite C.W. & J.R. Mather, 1957. *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance.* Publ. Climat. Elmer, New Jersey, 5(6): 185-311.
Tuhkanen S., 1980. *Climatic Parameters amd Indices in Plant Geography.* Acta Phytogeogr. Suec., 67, 110 pp.

Veblen T.T., Veblen A.T. & F.M. Schlegel, 1979. *Understorey patterns in mixed evergreen deciduous* Nothofagus *Forests in Chile.* J. Ecol., 67: 809-823.
Veblen T.T., Schlegel F.M. & B.R. Escobar, 1980. *Structure and dynamics of old-growth* Nothofagus *Forests in the Valdivian Andes, Chile.* J. of Ecol., 68: 1-31.
Walter H., 1968. *Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. Vol. II.* G. Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 1001.
Walter H., 1983. *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere.* Springer Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 318.
Wildi O. & L. Orlóci, 1983. *Management and multivariate analysis of vegetation data. II ed.* Swiss Fed. inst. For. Res. Rep., Birmensdorf, pp. 1-139.
William C.A. & B.G. Murray, 1972. *Flavonoid variation in the genus* Briza. Phytochemistry, 11: 2507-2512

Tab. 1 - Presence-absence data of the autoctonous species collected along the transect of Fig. 1 in the following Operational Geographic Units (OGU's): 1- Isla Grande de Tierra del Fuego; 2- Chile, from 52° to 50° S; 3- Argentina, from 52° to 50° S; 4- Falkland Islands (Islas Malvinas); 5- Argentina, from 49° to 45° S; 6- Chile, from 49° to 45° S; 7- Argentina, from 44° to 40° S; 8- Chile, from 44° to 40° S; 9- Chile, from 39° to 35° S.; 10- Argentina, from 39° to 35° S.; 11- Chile, from 34° to 30 S; 12- Argentina, from 34° to 30 S; 13- South Georgia; 14- Iles de Kerguelen; 15- Macquarie Island; 16- Iles Crozet; 17- New Zealand; 18- Australia; 19- Eurasia; 20- North America. The species groups are ordered according to the classification of Fig. 6.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Carex magellanica	1	1	1	1	1		1												1	1
	Calamagrostis stricta	1	1	1		1		1												1	1
1	Carex curta	1	1	1	1	1		1			1								1	1	1
	Carex microglochin	1	1	1	1	1	1	1			1		1							1	1
	Plantago maritima	1	1	1	1	1	1	1			1		1							1	1
	Carex gayana	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									1
	Microsteris gracilis	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									1
	Triglochin concinna	1	1	1		1	1	1	1	1		1									1
	Anemone multifida	1	1	1		1	1	1	1	1		1									1
	Phleum alpinum	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1							1	1
	Gentiana prostrata	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1								1	1
2	Armeria maritima	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1	1
	Cerastium arvense	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1	1
	Carex macloviana	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1								1	1
	Hierochloe redolens	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1						1	1		
	Apium australe	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1	1		
	Scirpus cernuus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1
	Trisetum spicatum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1
	Cystopteris fragilis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1	1	1	1
	Oreopolus glacialis	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									
	Discaria chacaye	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									
	Vicia magellanica	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									
	Urtica magellanica	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									
	Osmorhiza depauperata	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									
	Osmorhiza chilensis	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									
	Carex atropicta	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1									
	Luzula chilensis	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1								
	Perezia pilifera	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1								
	Plantago uniglumis	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1								
	Polygala salasiana	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1								
	Epilobium australe	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1								
	Ranunculus peduncularis	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1								
	Berberis empetrifolia	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1								
3	Geranium sessiliflorum	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1					1	1		
	Plagiobothrys calandrinoides	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1								
	Vicia bijuga	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1								
	Pernettia mucronata	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1								
	Eleocharis albibracteata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Saxifraga magellanica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Anagallis alternifolia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Caltha sagittata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Alopecurus magellanicus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Colobanthus quitensis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Acaena magellanica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Carex fuscula	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1								
	Perezia recurvata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1								
	Cardamine glacialis	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1								
	Colobanthus subulatus	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1							
	Rostkovia magellanica	1	1	1	1	1	1	1			1			1				1			
	Taraxacum gilliesii	1	1	1	1	1	1	1			1							1			
	Aster vahlii	1	1	1	1	1	1	1			1										
	Viola tridentata	1	1	1	1	1	1	1			1										
	Acaena ovalifolia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
	Viola maculata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
4	Oreobolus obtusangulus	1	1	1	1	1	1	1	1		1										
	Gaultheria antarctica	1	1	1	1	1	1	1	1		1										
	Asplenium dareoides	1	1	1	1	1	1	1	1		1										
	Baccharis magellanica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
	Lagenifera nudicaulis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
	Gentianella magellanica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
	Gunnera magellanica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
	Caltha appendiculata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										

	Azorella lycopodioides	1	1	1	1	1	1	1		1	1										
	Rubus geoides	1	1	1	1	1	1	1		1	1										
	Nothofagus pumilio	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Nothofagus antarctica	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Ranunculus minutiflorus	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Berberis buxifolia	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Drimys winterii	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Gavilea lutea	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Hypochoeris incana	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Nassauvia darwinii	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Senecio trifurcatus	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Maytenus disticha	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Misodendrum quadriflorum	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
5	Misodendrum brachystachium	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Misodendrum linearifolium	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Misodendrum punctulatum	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Embothryum coccineum	1	1	1		1	1	1	1	1	1										
	Tristagma nivale	1	1	1		1	1	1	1	1											
	Senecio acanthifolius	1	1	1		1	1	1	1	1											
	Adenocaulon chilense	1	1	1		1	1	1	1	1											
	Valeriana carnosa	1	1	1		1	1	1	1	1											
	Maytenus magellanica	1	1	1		1	1	1	1	1											
	Astragalus palenae	1	1	1		1	1	1	1	1											
	Berberis ilicifolia	1	1				1		1	1											
	Galium fuegianum	1	1	1		1	1		1	1											
	Calceolaria uniflora	1	1	1		1	1		1	1											
	Azorella trifurcata	1	1	1		1	1		1	1											
	Festuca contracta	1	1	1	1									1	1	1					
	Azorella selago	1	1		1										1	1	1				
	Deschampsia antarctica	1	1	1	1	1	1				1		1	1	1						
	Galium antarcticum	1	1	1	1	1	1							1	1		1				
6	Ranunculus biternatus	1	1	1	1		1		1					1	1	1	1				
	Crassula moschata	1	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1			
	Grammitis magellanica	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1		
	Juncus scheuchzerioides	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	Blechnum penna-marina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1				
	Lycopodium magellanicum	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1		1				
	Tetroncium magellanicum	1	1	1		1	1	1	1												
	Senecio smithii	1	1	1		1	1	1	1												
	Galium aparine	1	1	1		1	1	1	1												
	Ourisia ruelloides	1	1	1		1	1	1	1												
	Dysopsis glechomoides	1	1	1		1	1	1	1												
	Escallonia serrata	1	1	1		1	1	1	1												
	Ribes magellanicum	1	1	1		1	1	1	1												
	Polystichum andinum	1	1	1		1	1	1	1												
7	Geum parviflorum	1	1	1		1	1	1	1									1			
	Codonorchis lessonii	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
	Senecio candidans	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
	Empetrum rubrum	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
	Cotula scariosa	1	1	1	1	1	1	1	1												
	Limosella australis	1	1	1	1	1	1	1	1												
	Bolax gummifera	1	1	1	1	1	1	1	1												
	Nanodea muscosa	1	1	1	1	1	1	1	1												
	Littorella australis	1	1	1	1	1	1	1	1												
	Schoenus andinus	1	1	1		1	1	1			1										
	Festuca magellanica	1	1	1		1	1	1			1										
	Senecio patagonicus	1	1	1		1	1	1			1										
	Carex banksii	1	1	1		1	1	1	1		1										
	Phacelia secunda	1	1	1		1	1	1	1		1										
	Sisymbrium magellanicum	1	1	1		1		1			1										
	Hypochoeris incana	1	1	1		1	1	1													
	Macrachaenium gracile	1	1	1		1	1	1													
	Gamochaeta spiciformis	1	1	1		1	1	1													
	Baccharis patagonica	1	1	1		1	1	1													
	Erigeron myosotis	1	1	1		1	1	1													
	Lathyrus magellanicum	1	1	1		1	1	1													
8	Marsippospermum grandiflorum	1	1	1	1	1	1	1													
	Poa alopecurus	1	1	1	1	1	1	1													
	Chiliotrichum diffusum	1	1	1	1	1	1	1													
	Euphrasia antarctica	1	1	1	1	1	1														
	Plantago barbata	1	1	1	1	1	1														
	Drapetes muscosus	1	1	1	1	1	1														
	Stellaria debilis	1	1	1	1	1	1														
	Hippuris vulgaris	1	1	1		1	1		1											1	1
	Schizeilema ranunculus	1	1	1	1	1	1		1												
	Nothofagus betuloides	1	1	1		1	1		1												
	Perezia magellanica	1	1	1		1	1														
	Antennaria chilensis	1	1	1		1	1														

	Geranium magellanicum	1	1	1		1	1														
	Draba funiculosa	1		1	1																
	Phaiophleps biflora	1		1		1															
	Hierochloe pusilla	1		1		1															
	Leucheria purpurea	1		1		1															
9	Leucheria hahnii	1		1		1															
	Pratia longiflora	1		1		1															
	Huanaca acaulis	1		1		1															
	Adesmia salicornioides	1		1		1															
	Adesmia pumila	1		1		1															
	Senecio laseguei	1		1																	
	Chenopodium antarcticum	1		1																	
	Calceolaria biflora	1		1		1		1			1		1								
	Arjona patagonica	1		1		1		1			1		1								
	Carex sorianoi	1		1		1		1			1										
	Gamochaeta nivalis	1		1		1		1			1										
	Alstroemeria patagonica	1		1		1		1			1										
	Sisyrinchium patagonicum	1		1		1		1			1										
	Senecio arnottii	1		1		1		1			1										
	Boopis australis	1		1		1		1			1										
	Hieracium antarcticum	1		1	1	1		1			1										
	Oxalis enneaphyllos	1		1	1	1		1			1										
10	Azorella caespitosa	1		1	1	1		1													
	Carex acaulis	1		1	1	1		1													
	Acaena antarctica	1	1	1	1	1		1													
	Marsippospermum reichei	1	1	1		1		1													
	Senecio kingii	1	1	1		1		1													
	Senecio miser	1	1	1		1		1													
	Satureja darwinii	1	1	1		1		1													
	Silene magellanica	1	1	1		1		1													
	Deschampsia atropurpurea	1		1		1		1												1	1
	Nassauvia abbreviata	1		1		1		1													
	Nassauvia pygmaea	1		1		1		1													
	Erigeron patagonicus	1		1		1		1													
	Adesmia lotoides	1		1		1		1													
	Carex vallis-pulchrae	1	1		1		1		1	1		1									
	Oxalis magellanica	1	1				1		1	1								1	1		
	Carpha alpina	1	1				1		1									1	1		
11	Pinguicola antarctica	1	1				1		1												
	Tribeles australis	1	1				1		1												
	Cardamine geranifolia	1	1				1		1												
	Astelia pumila	1	1		1		1		1												
	Luzuriaga marginata	1	1	1	1	1															
	Pratia repens	1	1	1	1	1															
	Scutellaria nummuliflora	1		1	1	1															
	Azorella filamentosa	1	1	1	1	1															
	Primula magellanica	1	1	1	1	1															
	Pernettia pumila	1	1	1	1	1															
	Thlaspi magellanicum	1	1	1		1															
	Acaena pinnatifida	1	1	1		1															
	Senecio tricuspidatus	1	1	1		1															
	Calamagrostis suka	1	1	1		1															
	Luzula alopecurus	1	1	1	1																
	Deschampsia parvula	1	1	1	1																
	Agropyron pubiflorum	1	1	1	1																
12	Draba magellanica	1	1	1	1																
	Abrotanella emarginata	1	1		1																
	Geum magellanicum	1	1	1			1														
	Lepidium pseudodidymum	1	1	1			1														
	Viola commersonii	1	1	1			1														
	Saxifragella bicuspidata	1	1	1																	
	Carex macrosolen	1	1	1																	
	Agropyron fuegianum	1	1	1																	
	Puccinellia biflora	1	1	1																	
	Festuca gracillima	1	1	1																	
	Nassauvia magellanica	1	1	1																	
	Senecio leucomallus	1	1	1																	
	Senecio magellanicus	1	1	1																	
	Ourisia breviflora	1	1	1																	
	Ranunculus sericocephalus	1	1																		
	Senecio darwinii	1	1																		
	Viola magellanica	1	1																		
	Hamadryas magellanica	1	1																		
	Caltha dioneifolia	1	1																		
	Ourisia fuegiana	1	1																		

Tab. 2 - Presence-absence data of the autoctonous species collected along the transect of Fig. 1 in the following habitat-types: 1- Evergreen Forest; 2- Deciduous Forest; 3- Forest margins; 4- Humid grassland; 5- *Chiliotrichum* scrub; 6- *Festuca gracillima* steppe; 7- *Empetrum rubrum* heath; 8- Mesic grassland; 9- Saline grassland; 10- Shores; 11- Riparial habitats; 12- Rock crevices; 13- Alpine habitats; 14- Bogs. The species groups are ordered according to the classification of Fig. 6.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Carex magellanica								1		1	1			
	Calamagrostis stricta				1			1	1		1				1
1	Carex curta								1		1	1			
	Carex microglochin								1		1				
	Plantago maritima													1	1
	Carex gayana			1							1				
	Microsteris gracilis	1	1	1	1										1
	Triglochin concinna												1	1	1
	Anemone multifida	1	1	1	1	1		1							
	Phleum alpinum				1	1		1		1					
	Gentiana prostrata			1					1	1		1			
2	Armeria maritima	1	1	1	1				1	1			1		1
	Cerastium arvense	1	1	1	1			1		1	1	1			1
	Carex macloviana			1					1			1			
	Hierochloe redolens					1	1		1	1		1			
	Apium australe										1				1
	Scirpus cernuus								1		1				
	Trisetum spicatum		1		1	1			1						1
	Cystopteris fragilis					1	1	1	1	1			1		
	Oreopolus glacialis												1		
	Discaria chacaye		1					1					1		
	Vicia magellanica	1		1				1							1
	Osmorhiza depauperata					1		1							
	Osmorhiza chilensis					1									
	Luzula chilensis	1	1	1				1							
	Perezia pilifera	1								1					1
	Plantago uniglumis												1		
	Polygala salasiana	1													1
	Epilobium australe							1			1	1			
	Ranunculus peduncularis		1	1	1	1		1		1	1	1			
	Berberis empetrifolia														1
	Geranium sessiliflorum	1	1												
3	Urtica magellanica				1			1							
	Plagiobothrys calandrinoides	1													1
	Vicia bijuga	1	1	1	1										1
	Pernettia mucronata				1	1	1	1	1						
	Eleocharis albibracteata										1				
	Saxifraga magellanica									1			1		
	Anagallis alternifolia			1	1			1		1		1			
	Caltha sagittata			1	1				1	1		1			
	Alopecurus magellanicus								1	1	1				
	Colobanthus quitensis								1		1		1		1
	Acaena magellanica		1	1	1			1		1		1			1
	Carex fuscula							1			1	1			
	Perezia recurvata	1	1								1				
	Cardamine glacialis		1		1			1	1	1		1	1		
	Colobanthus subulatus	1	1	1						1			1	1	1
	Rostkovia magellanica			1					1		1	1			
	Taraxacum gilliesii	1		1	1						1				1
	Aster vahlii			1				1	1		1				1
	Viola tridentata								1	1			1		
	Acaena ovalifolia					1		1							
	Viola maculata	1	1	1	1										
4	Oreobolus obtusangulus								1	1	1				
	Gaultheria antarctica								1	1					
	Asplenium dareoides					1	1	1			1		1		
	Baccharis magellanica		1	1	1			1							
	Lagenifera nudicaulis									1					
	Gentianella magellanica			1	1			1			1				
	Gunnera magellanica	1	1	1	1			1							
	Caltha appendiculata								1						

	Azorella lycopodioides		1		1			1		1			1		
	Rubus geoides		1	1	1	1	1	1	1	1					
	Nothofagus pumilio					1	1	1							
	Nothofagus antarctica					1		1							
	Ranunculus minutiflorus	1	1	1	1	1		1				1			
	Berberis buxifolia			1	1	1		1			1	1			
	Drimys winterii						1								
	Gavilea lutea						1								
	Hypochoeris incana	1	1		1			1							1
	Nassauvia darwinii	1	1												
	Senecio trifurcatus								1	1					1
	Maytenus disticha					1	1	1							
	Misodendrum quadriflorum						1								
5	Misodendrum brachystachium					1	1								
	Misodendrum linearifolium					1	1								
	Misodendrum punctulatum					1	1								
	Embothryum coccineum						1	1							
	Tristagma nivale	1													
	Senecio acanthifolius					1	1	1	1			1			
	Adenocaulon chilense					1	1								
	Valeriana carnosa	1	1		1										
	Maytenus magellanica						1								
	Astragalus palenae	1	1												
	Berberis ilicifolia					1	1								
	Galium fuegianum				1			1							
	Calceolaria uniflora	1			1										
	Azorella trifurcata	1	1		1								1		1
	Festuca contracta								1	1	1				
	Azorella selago								1	1					
	Deschampsia antarctica										1				1
	Galium antarcticum				1			1			1	1			
	Ranunculus biternatus										1	1			1
6	Crassula moschata														1
	Grammitis magellanica												1		
	Juncus scheuchzerioides								1		1	1			
	Blechnum penna-marina		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	Lycopodium magellanicum		1	1	1			1	1	1		1			
	Tetroncium magellanicum														1
	Senecio smithii										1	1			1
	Galium aparine				1	1		1		1		1			
	Ourisia ruelloides										1		1		
	Dysopsis glechomoides					1	1	1	1		1				
	Escallonia serrata						1	1							
	Ribes magellanicum				1	1	1	1							
	Polystichum andinum									1			1		
7	Geum parviflorum					1	1		1	1					
	Codonorchis lessonii					1	1	1				1			
	Senecio candidans														1
	Empetrum rubrum		1		1	1	1	1	1	1					
	Cotula scariosa										1	1			1
	Limosella australis										1				
	Bolax gummifera								1	1			1		
	Nanodea muscosa								1	1					
	Littorella australis										1				
	Schoenus andinus								1	1					
	Festuca magellanica		1		1			1		1	1				1
	Senecio patagonicus	1		1	1			1							1
	Carex banksii								1		1				
	Phacelia secunda										1				1
	Sisymbrium magellanicum												1		
	Hypochoeris incana	1	1		1			1							1
	Macrachaenium gracile					1	1								
	Gamochaeta spiciformis			1	1			1				1	1		
	Baccharis patagonica				1			1					1		1
	Erigeron myosotis	1	1	1	1										1
8	Lathyrus magellanicum	1		1											
	Marsippospermum grandiflorum								1	1	1				
	Poa alopecurus	1			1			1		1					1
	Chiliotrichum diffusum		1		1	1	1	1			1				
	Euphrasia antarctica			1					1	1	1	1			
	Plantago barbata								1	1	1				1
	Drapetes muscosus		1					1	1	1					
	Stellaria debilis										1	1			1
	Hippuris vulgaris										1				
	Schizeilema ranunculus			1	1	1	1	1	1	1					
	Nothofagus betuloides					1	1								
	Perezia magellanica						1		1	1		1			
	Antennaria chilensis	1			1										

	Geranium magellanicum	1	1	1	1			1							
	Draba funiculosa	1		1	1										
	Phaiophleps biflora	1		1	1			1							
	Hierochloe pusilla	1													
	Leucheria purpurea	1													
9	Leucheria hahnii	1	1		1			1		1					
	Pratia longiflora			1											
	Huanaca acaulis	1		1	1										1
	Adesmia salicornioides	1	1	1	1										
	Adesmia pumila	1		1											1
	Senecio laseguei		1		1										
	Chenopodium antarcticum													1	1
	Calceolaria biflora				1	1		1				1			
	Arjona patagonica	1	1		1										
	Carex sorianoi													1	1
	Gamochaeta nivalis												1		
	Alstroemeria patagonica	1													
	Sisyrinchium patagonicum	1	1	1	1			1							1
	Senecio arnottii	1			1	1		1		1		1			1
	Boopis australis														1
	Hieracium antarcticum									1			1		
	Oxalis enneaphylla	1	1		1					1					1
	Azorella caespitosa	1	1										1		
10	Carex acaulis			1											1
	Acaena antarctica					1			1		1				
	Marsippospermum reichei												1		
	Senecio kingii												1		
	Senecio miser	1	1		1										1
	Satureja darwinii	1			1										
	Silene magellanica	1	1	1	1										
	Deschampsia atropurpurea									1					
	Nassauvia abbreviata	1													
	Nassauvia pygmaea									1			1		
	Erigeron patagonicus	1								1			1		1
	Adesmia lotoides	1	1												
	Carex vallis-pulchrae								1						
	Oxalis magellanica	1	1	1	1			1							
	Carpha alpina								1	1	1				
11	Pinguicola antarctica								1	1					
	Tribeles australis								1	1					
	Cardamine geranifolia					1	1						1		
	Astelia pumila								1	1					
	Luzuriaga marginata				1	1	1	1	1		1	1			
	Carex atropicta			1	1			1			1	1			
	Pratia repens			1	1	1		1							1
	Scutellaria nummuliflora														1
	Azorella filamentosa	1		1	1				1				1		
	Primula magellanica	1		1	1				1	1	1		1		
	Pernettia pumila		1			1	1	1	1	1			1		
	Thlaspi magellanicum	1		1	1			1		1		1	1		1
	Acaena pinnatifida	1	1	1	1	1									1
	Senecio tricuspidatus	1			1	1		1		1		1			1
	Calamagrostis suka								1	1					
	Luzula alopecurus	1		1	1				1	1		1			
	Deschampsia parvula									1			1		
	Agropyrum pubiflorum										1			1	1
12	Draba magellanica	1	1	1	1								1		
	Abrotanella emarginata								1	1					
	Geum magellanicum				1			1				1			
	Lepidium pseudodidymum				1										1
	Viola commersonii								1	1					
	Saxifragella bicuspidata									1			1		
	Carex macrosolen			1								1			
	Agropyrum fuegianum	1													1
	Puccinellia biflora													1	
	Festuca gracillima	1		1	1										1
	Nassauvia magellanica									1			1		
	Senecio leucomallus									1			1		
	Senecio magellanicus	1	1	1	1					1					
	Ourisia breviflora										1				
	Ranunculus sericocephalus								1	1					
	Senecio darwinii												1		
	Viola magellanica					1	1	1				1			
	Hamadryas magellanica			1	1					1		1	1		
	Caltha dioneifolia								1						
	Ourisia fuegiana									1					

APPENDIX I

List of vascular plants collected by D. Lausi & M. Tretiach (abbreviation: LT; specimens in TSB) and J. Poelt (abbreviation: P; specimens in GZU).

Abrotanella emarginata (Cass. ex Gaudich.) Gass.

- Dept. Ushuaia, Sierra Martial, above timberline, 650 m, 7.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Acaena antarctica Hooker f.

The taxonomy of the genus *Acaena* is not completely solved. In Fuegia there are probably more taxa than those reported by Moore (1983). The populations often show a pattern of local differentiations which is probably due to hybridization and self-pollination mechanisms.

- Dept. Ushuaia, steep slope North of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Acaena lucida (Lam.) Vahl

- Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, on sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Acaena magellanica (Lam.) Vahl

This seems to be the only indigenous species which is able to compete with European weeds in ruderal vegetation; no other Fuegian plant was found in such places.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, along the roadside, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, on the cliffs, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT; revidit D.M. Moore, 6.12.1988 (13). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km south-east of Ea. Rio Apen, humid grassland, 100-150 m, leg. P (26).

Acaena ovalifolia Ruiz et Pavòn

This self-compatible species with white anthers before anthesis is a characteristic species of wood margins and openings.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, on rocks along the road, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, ca. 2 km E of Ea. Aurelia, old, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 5.1.1989, leg. P (22).

Acaena pinnatifida Ruiz et Pavòn

- Dept. Ushuaia, road to Hosteria Kaiken, near Lago Kami, along the roadside, 9.12.1987, leg. LT (11). - Dept. Rio Grande, on the coast north of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Acaena platyacantha Speg.

Our specimens differ clearly from those of *A. pinnatifida* in having small, globose inflorences and leaflets with only 2-3 segments, so we prefer to maintain the species rank for this taxon. Further investigations are needed in order to elucidate the taxonomy of the group.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, hill eroded slopes, 10.12.1987, leg. LT (13).

Acaena sericea Jacquin f.

- Dept. Rio Grande, Bahia S. Sebastian, near the Comìsaria, on the seashore, 3 m, 11.12.1987, leg. LT (15).

Adenocaulon chilense Less.

A typical wood species, frequent in the evergreen forests near the coast.

- Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, *Nothofagus pumilio* wood, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, Parque National, Cordon del Toro, *Nothofagus pumilio* wood, 6.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, Parque National, near and above Rio Pipo falls, mostly *Nothofagus* wood, 11.1.1989, leg. P (2).

Adesmia lotoides Hooker f.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, pastizales, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, north of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Adesmia pumila Hooker f.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, on incoherent soil among rocks (sandstone), 10.12.1987, leg. LT (14). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareous rocks, E- and N-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Adesmia salicornioides Speg.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, top of the peak, sandstone, 10.12.1987, leg. LT (14).

Agropyron fuegianum (Speg.) F. Kurtz

- Dept. Rio Grande, north of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Agropyron pubiflorum (Steudel) Parodi

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ushuaia to Ea. Moat, near Cerro Moat, on the cliffs, 3 m, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg.LT (13). - Dept. Rio Grande, Bahia S. Sebastian, near the Comìsaria, on the

seashore, 3 m, 11.12.1987, leg. LT (14). - Dept. Ushuaia, S of Ushuaia, near the town, grassland and anthropogenous vegetation, ca. 10 m, 15.1.1989, leg. P (33).

Aira praecox L.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, in graminoid bog, on peaty soil, 6 m, 1.12.1987, leg. LT (2).

Alopecurus aequalis Sobol

-Dept. Rio Grande, west of Ea. El Rodeo, 7.1.1989, leg. P.

Alopecurus magellanicus Lam.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, in graminoid bog, 1 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, NE-facing slopes, 20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Alstroemeria patagonica Phil.

The genus *Alstroemeria* comprises almost 40 species distributed along the Andes; in Fuegia only *A. patagonica* is present. It is characterized by a deep, richly tuberized root system; the plant is not higher than 3-4 cm.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, eroded slopes of the hills, 10.12.1987, leg. LT (13).

Anagallis alternifolia Cav.

- Dept. Ushuaia, steep slope North of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Anemone multifida Poiret

Very common in open habitats in the steppe zone or on grassy slopes of the roadsides in the forest zone.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, in the meadows, 2.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, on rocky slopes, 2.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Antennaria chilensis var. *magellanica* (Sch. Bip.) Reiche

- Dept. Rio Grande, road to Rio Grande, near Lago Hantu, along the roadside, in a xeric enviroment, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, north of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Anthoxanthum odoratum L.

- Dept. Ushuaia, coastal road to Ea. Harberton, Bahia Almte. Brown, in the grasslands, 5 m, 5.12.1987, leg. LT (8).

Apium australe Thouars

Usually found on gravelly shores, just above highwater mark, where salinity is lowered by freshwater of creeks or small rivers.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, on the seashore, 1 m, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Ushuaia, Ea. Moat, ca. 4 km west of Pampa de los Indios, on the rocky coast, 0-30 m, 12.1.1989, leg. P (31).

Arjona patagonica Dcne

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Armeria maritima (Miller) Willd.

A widespread species, from sea-level to the mountains, highly polymorphic, indifferent to soil conditions. For a detailed study on this species, and its morphological variations, see Moore & Yates (1974).

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the coast north of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18). - Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, on rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Asplenium dareoides Desv.

- Dept. Ushuaia, W of Brown sawmill, *Nothofagus pumilio* wood, beneath high rocks, ca. 50 m, 12.1.1989, leg. P (30).

Astelia pumila (Forster f.) Gaudich.

As many montane plants at the time of collecting was not yet flowering.

- Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, north of Hosteria Tierra Major, humid grassland, ca. 700 m, 14.1.1989, leg. P (4).

Aster vahlii (Gaudich.) Hooker et Arn.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N- facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26). - Dept. Ushuaia, S of Paso Garibaldi, ca. 7 km north of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Ushuaia, Ea. Moat, ca. 4 km W of Pampa de los Indios, *Nothofagus betuloides* wood, rocky coast, 0-30 m, 12.1.1989, leg. P (31).

Astragalus palenae (Phil.) Reiche

This species is limited to the northeastern part of Isla Grande, and may be locally dominant in disturbed areas.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, eroded slopes of the hills, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, incoherent soil among rocks (sandstone),

10.12.1987, leg. LT (14). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Azorella caespitosa Cav.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in the steppe, 10 m, leg. P (18).

Azorella filamentosa Lam.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21). - Dept. Ushuaia, Ea. Moat, ca. 4 km W of Pampa de los Indios, *Nothofagus betuloides* wood, rocky coast, 0-30 m, 12.1.1989, leg. P (31).

Azorella lycopodioides Gaudich.

- Dept. Ushuaia, Sierra Martial, above timberline, 650 m, 7.12.1987, leg. LT (10). - Dept. Ushuaia, Hosteria Tierra Major, in the bogs, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23). - Dept. Ushuaia, mountain SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Azorella selago Hooker f.

- Dept. Ushuaia, on the peaks near Paso Garibaldi, hanging moor, ca. 500 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above the timberline, in a bog, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Azorella trifurcata (Gaertner) Hooker f.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Baccharis magellanica (Lam.) Pers.

A widespread species in the Fuegian region.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, scrub community, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21).

Baccharis patagonica Hook. et Arnold ssp. *patagonica*

- Dept. Rio Grande, near Hosteria Kaiken, at Lago Fagnano, 9.1.1989, leg. P (11).

Bellis perennis L.

This species seems to be intensely spreading, especially in the areas near the coast.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, in the meadows near the sea, 3 m, 1.12.1987, leg. LT (2).

Berberis buxifolia Lam.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, margins of *Nothofagus pumilio* woods, ca. 10 m, 30.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Rio Grande, along the roadside N of Rio Grande, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, in an old *Nothofagus antarctica* wood, 100-150 m, leg. P (26). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of mixed *Nothofagus* wood with big siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P(6). - Dept. Ushuaia, ca. 4 km E of Pampa de los Indios, in *Nothofagus betuloides* wood, on slopes, 20-50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Berberis empetrifolia Lam.

This species grows on sandy soil, on dunes near the coast or on old terraces in the inland.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ushuaia to Ea. Harberton, Bahia Almte. Brown, sand dune near Canal Beagle, 10 m, 5.12.1987, leg. LT (8). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, along the roadside N of Rio Grande, 5-10 m, leg. P (18).

Berberis ilicifolia L. f.

- Dept. Ushuaia, from Paso Garibaldi to Rancho Hambre, in a clearance of *Nothofagus betuloides* wood, ca. 200 m, 4.12.1987, leg. LT (7). - Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, coastal evergreen forest, 10 m, 2.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, W of Brown sawmill, in a *Nothofagus pumilio* wood, beneath high rocks, ca. 50 m, 12.1.1989, leg. P (30).

Blechnum penna-marina (Poiret) Kuhn

This species, very common in the *Nothofagus* forests in the mountain region and along the W coast, is rare and sparse in the wood communities in the Eastern region of Fuegia.

- Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, on the floor of mixed woods, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, Parque National, above Lago Rocha, towards Cordon del Toro, in *Nothofagus pumilio* woods, 6.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, in humid depressions, in *Bolax*- and *Polytrichum*-cushions, 100-150 m, leg. P (26).

Bolax gummifera (Lam.) Sprengel

- Dept. Ushuaia, Hosteria Tierra Major, in a bog, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, Sierra Martial, at timberline, *Nothofagus antarctica* scrub, 580 m, 7.12.1987, leg. LT (10). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10

m, leg. P (18). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, cushion-vegetation, 700-1000 m, leg. P (10).

Boopis australis Dcne

Collected only once, but locally common.

- Dept. Rio Grande, Bahia S. Sebastian, near the Comìsaria, along the seashore, on sand and pebbles, 11.12.1987, leg. LT (15).

Calamagrostis stricta (Timm) Koeler

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, on the seashore, 5 m, 5.12.1987, leg. LT (9).

Calamagrostis suka Speg.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km rSE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26).

Calceolaria biflora Lam.

This species was seen several times in the deciduous forests of *Nothofagus antarctica*.

- Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Estancia Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21).

Calceolaria uniflora Lam.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, pastizales, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Caltha appendiculata Pers.

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, Hosteria Tierra Major, hangmoore, 330 m, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, ca. 12 km W of Rancho Hambre, in a *Sphagnum-Empetrum* bog, ca. 200 m, 10.1.1989, leg. P (29). - Dept. Ushuaia, mountain SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Caltha dioneifolia Hooker f.

It often grows together with the previuos species; we did not find their hybrid (*C. x goodalliana* T. Dudley).

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, from Hosteria Tierra Major, hangmoore, 330 m, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, in a bog, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Caltha sagittata Cav.

This species characterizes many Fuegian communities of wet places.

- Dept. Ushuaia, bogs of Hosteria Tierra Major, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Rio Grande, in humid depressions between the hills, ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, 5.1.1989, leg. P (21). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, in humid depressions, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, in the bogs, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Cardamine geranifolia (Poiret) DC.

This species is linked to the evergreen forest vegetation, but we saw it also along creeks in open areas.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, along a creek, 5.12.1987, leg. LT (9).

Cardamine glacialis (Forster f.) DC.

A very variable species.

- Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, mixed *Nothofagus* wood, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, on siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P(6). - Dept. Ushuaia, south of Ushuaia, near the town, grassland and anthropogenous vegetation, ca. 10 m, 15.1.1989, leg. P (33).

Carex acaulis D'Urv.

- Dept. Rio Grande, Ea. El Rodeo, 7.1.1989, leg. P

Carex andina var. *subabscondita* Kuekenthal

This species, present in the steppe of S.ta Cruz and Chubut (Correa, 1969), is rather frequent in the coironales of Isla Grande but it is not reported in the Flora of Moore (1983). Our specimens were identified by Prof. Collantes (INTA, Buenos Aires).

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, pastizales, 10.12.1987, leg. LT (13).

Carex atropicta Steudel

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26). - Dept. Ushuaia, S of Ushuaia, near the town, grassland and anthropogenous vegetation, ca. 10 m, 15.1.1989, leg. P (33).

Carex banksii Boott

- Dept. Ushuaia, from Paso Garibaldi towards Laguna Escondida, along the road, in a little creek, ca. 300 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, along a creek, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland beneath siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6). - Dept. Ushuaia, Ea. Moat, ca. 4 km W of Pampa de los Indios, *Nothofagus betuloides* wood, rocky coast, 0-30 m, 12.1.1989, leg. P (31).

Carex curta Gooden.

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, from Hosteria Tierra Major, hangbog, beneath the cliffs, ca. 330 m, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26).

Carex fuscula D'Urv.

- Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, humid grassland, 14.1.1989, leg. P (4).

Carex gayana Desv.

- Dept. Rio Grande, in humid depressions of the hills, ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, 5.1.1989, leg. P (21). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26). - Dept. Ushuaia, about 12 km W of Rancho Hambre, in a *Sphagnum-Empetrum* bog, ca. 200 m, 10.1.1989, leg. P (29).

Carex macloviana D'Urv.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Ushuaia, mountain SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, humid grassland, 14.1.1989, leg. P (4).

Carex macrosolen Steudel

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, wet grassland, 5 m, 1.12.1987, leg. LT (2).

Carex magellanica subsp. *magellanica* Lam.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, wet meadow, 5 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, 1 km SE of Lago Hantu, *Nothofagus* wood, 8.1.1989, leg. P (12). - Dept. Rio Grande,wet bog near Lago Verde, 9.1.1989, leg. P.

Carex microglochin Wahlenb.

- Dept. Ushuaia, ca. 12 km W of Rancho Hambre, in a *Sphagnum-Empetrum* bog, ca. 200 m, 10.1.1989, leg. P (29).

Carex sorianoi Barros

- Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Carex vallis-pulchra Phil.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, in a wet meadow, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, Parque National, Sierra Alvear, Hosteria Tierra Major, in wet meadows beneath the rocks, ca. 33Om, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Rio Grande, in humid depressions of the hills, ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, 5.1.1989, leg. P (21).

Carpha alpina var. *schoenoides* (Banks & Sol. ex Hooker f.) Kuek.

- Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Cerastium arvense L.

This plant seems to be very widely distributed from sea level to the alpine region.

- Dept. Ushuaia, Parque National, along Rio Pipo, near the falls, on gravel along the banks, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, grassland, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, N of Rio

Grande, along the roadside, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Chenopodium antarcticum (Hooker f.) Bentham & Hooker f.

- Dept. Rio Grande, WSW of Rio Grande, Rio Meleanan, 6.1.1989, leg. P.

Chiliotrichum diffusum (Forster f.) O. Kuntze

The ecological amplitude of this species is rather broad; it grows in different habitats such as bogs, stream-sides, forest margins and steppe communities.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, 20 m, 30.12.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, scrub community, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, along the seashore, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Ushuaia, south of Ushuaia, near the town, grassland and anthropogenous vegetation, ca. 10 m, 15.1.1989, leg. P (33).

Codonorchis lessonii (D'Urv.) Lindley

A characteristic species of subantarctic woods, sometimes present also in open communities, such as cushion bogs or dwarf shrub heath, on wet soil.

- Dept. Ushuaia, Parque National, near the Rio Pipo falls, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, coastal evergreen forest, 10 m, 6.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, ca. 12 km W of Rancho Hambre, *Sphagnum-Empetrum* bog, ca. 200 m, 10.1.1989, leg. P (29). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, *Nothofagus* wood with big siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Colobanthus quitensis (Kunth) Bartl.

The only phanerogamic species, with *Deschampsia antarctica,* present in the Antarctic continent. It has the largest range among all the *Colobanthus* species and is self-compatible and usually self-pollinated.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N- facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21).

Colobanthus subulatus (D'Urv.) Hooker f.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, in the pastizales, 10.12.1987, leg. LT (10). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside across the Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Convolvulus arvensis L.

This species was seen as a weed in the town of Ushuaia, but not collected; it is not recorded in the Flora of Moore (1983a).

Coronopus didymus (L.) Sm.

- Dept. Rio Grande, along the roadside N of Rio Grande, 5-10 m, leg. P (18).

Cotula scariosa (Cass.) Franchet

- Dept. Ushuaia, near Laguna Escondida, Bronzovich sawmill, in the grassland, 4.12.1987, leg. LT (5). - Dept. Rio Grande, 1 km SE of Lago Hantu, *Nothofagus* wood, 8.1.1989, leg. P (28).

Crassula moschata Forster f.

Locally abundant, mainly on rocks near the shores.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, coastal cliffs, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Ushuaia, Ea. Moat, ca. 4 km W of Pampa de los Indios, *Nothofagus betuloides* wood, rocky coast, 0-30 m, 12.1.1989, leg. P (31).

Cystopteris fragilis (L.) Bernh.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, *Nothofagus pumilio* forest, on rocks, ca. 20 m, 30.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Parque National, near the Hosteria, *Nothofagus pumilio* forest, on rocks, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Rio Grande, road towards Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* woods, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood with big siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P(6).

Deschampsia antarctica Desv.

- Dept. Ushuaia, W of Brown sawmill, *Nothofagus pumilio* wood, beneath high rocks, ca. 50 m, 12.1.1989, leg. P (30). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Deschampsia atropurpurea (Wahlenb.) Scheele

- Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Deschampsia parvula (Hooker f.) Desv.

- Dept. Ushuaia, Hosteria Tierra Major, *Nothofagus pumilio* wood, on a crashed tree, 3.12.1987, leg. LT (4).

Descurainia sophia (L.) Webb. ex Prantl

Ruderal plant, introduced from Europe, abundant in disturbed areas of the steppe zone. - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, on the roadside, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Discaria chacaye (G.Don) Tort. ex D.M.Moore

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, on incoherent soil between the rocks (sandstone), 10.12.1987, leg. LT (14).

Draba funiculosa Hooker f.

This species seems to be quite rare; only single plants were found.

- Dept. Rio Grande, ca. 3 km east of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (8). - Dept. Ushuaia, mountain SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, humid grassland, 14.1.1989, leg. P (4).

Draba magellanica Lam.

A very variable plant, growing in different habitats.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, on the slopes along the road, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, in fissures of the rocks, 430 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, evergreen forest, 6.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in the Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19). - Dept. Rio Grande, ca. 3 km east of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood with big siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P(6). - Dept. Ushuaia, W of Brown sawmill, *Nothofagus pumilio* wood, beneath high rocks, ca. 50 m, 12.1.1989, leg. P (30). - Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Drapetes muscosus Banks ex Lam.

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, Hosteria Tierra Major, hangmoore, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Drimys winteri Forster et Forster f.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, in coastal evergreen forest, 6.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, E of Pampa de los Indios, in coastal evergreen forest, 50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Dysopsis glechomoides (A.Richard) Muell. Arg.

This species seems to prefer closed, humid stands; it was often the only plant growing in the understory of old, senescent *Nothofagus pumilio* woods, on peaty soil.

- Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, closed *Nothofagus pumilio* forest, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, S of Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of mixed *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Ushuaia, Parque National de la Tierra del Fuego, road to Cerro Pampa Alta, open *Nothofagus pumilio* wood and *Chiliotrichum* scrub, 150-300 m, 13.1.1989, leg. P (2).

Eleocharis albibracteata (D'Urv.) C.B.Clark

- Dept. Rio Grande, in humid depressions of the hills, ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, 5.1.1989, leg. P (21).

Embothrium coccineum Forster et Forster f.

A forest-margin tree, locally abundant along the coast region.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, open slopes along the road, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, E of Pampa de los Indios, coastal evergreen forest, 50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Empetrum rubrum Vahl ex Willd.

An extremely common plant from the steppe region to Beagle Channel.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, 20 m, 30.12.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Parque National, between Archipielago Cormoranes and Lapataia, *Sphagnum* bog, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside, 5-10 m, leg. P (18).

Epilobium australe Poeppig et Hausskn.

Often seen in disturbed habitats of the forest zone.

- Dept. Ushuaia, road from Paso Garibaldi towards Lauguna Escondida, on the slopes along the road, 300 m, 4.12.1987, leg. LT (5). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Erigeron myosotis Pers.

Fuegian *Erigerons* are rather difficult to identify; the plants are very variable, especially as far as their size is concerned.

- Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Erigeron patagonicus Phil.

- Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23). - Dept. Ushuaia, Ea. Moat, ca. 4 km W of Pampa de los Indios, *Nothofagus betuloides* wood, rocky coast, 0-30 m, 12.1.1989, leg. P (31). - Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4). - Dept. Ushuaia, S of Ushuaia, near the town, grassland and anthropogenous vegetation, ca. 10 m, 15.1.1989, leg. P (33).

Escallonia serrata Sm.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Rio Pipo falls, along the river banks, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, evergreen forest, on the cliffs, 5 m, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Ushuaia, E of Pampa de los Indios, coastal evergreen forest, 50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Euphrasia antarctica Bentham

The plants which we have coolected were always very small, and were growing in very small colonies.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26). - Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, hang-bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Festuca contracta Kirk

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, above timberline, in a cushion of *Bolax*, 630 m, 7.12.1987, leg. LT (4).

Festuca gracillima Hooker f.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13).

Festuca magellanica Lamarck

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, on cliffs near the sea, 5.12.1987, leg. LT (9).

Festuca pyrogea var. ***pyrogea*** Spegazzini

- Dept. Rio Grande, road from Ushuaia to Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13).

Galium antarcticum Hooker f.

- Dept. Rio Grande, road towards Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, *Chiliotrichum* scrub, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, on sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Galium aparine L.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, scrub along the seashore, 3 m, 5.12.1987, leg. LT (9).

Galium fuegianum Hooker f.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Cordon del Toro slopes, above Lago Roca, burned *Nothofagus pumilio* wood, 6.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, W of Brown sawmill, *Nothofagus pumilio* wood, beneath high rocks, ca. 50 m, 12.1.1989, leg. P (30).

Gamochaeta nivalis Cabrera

The determination of Fuegian *Gamochaeta* seems to be rather difficult. *Gamochaeta nivalis* is in fact very similar to reduced forms of *G. spiciformis*, and in some cases the two species cannot be distinguished.

- Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26).

Gamochaeta spiciformis (Sch. Bip.) Cabrera

- Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, *Nothofagus pumilio* wood, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, incoherent soil of the roadside, 430 m, 4.12.1987, leg. LT (6).

Gaultheria antarctica Hooker f.

We have probably often overlooked this species because of its similarity with *Pernettya pumila*.

- Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Gavilea littoralis (Phil.) Correa

This species seems to flower later than *G. lutea*, but they live in the same habitats, mainly evergreen woods at low elevation, near the coast.

- Dept. Ushuaia, ca. 4 km E of Pampa de los Indios, *Nothofagus betuloides* wood, on slopes, 20-50 m, 12.1.1989, leg. P (32). - Dept. Ushuaia, Parque National, rocky coast of Bahia Lapataia, 0-5 m, 13.1.1989, leg. P (2).

Gavilea lutea (Pers.) Correa

- Dept. Ushuaia, Parque National, Cordon del Toro slopes, above Lago Rocha, burned *Nothofagus pumilio* wood, 6.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, coastal evergreen forest, 7.12.1987, leg. LT (2).

Gentiana prostrata Haenke

- Dept. Rio Grande, in humid depressions of the hills, ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, 5.1.1989, leg. P (21).

Gentianella magellanica (Gaudich.) Fabris ex D.M. Moore

A widespread species in the region; most populations have the characteristic violaceous flowers, one population has only white flowers.

- Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, humid grassland, 14.1.1989, leg. P (4).

Geranium magellanicum Hooker f.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Geranium sessiliflorum Cav.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, eroded slopes of the hills, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Estancia Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21).

Geum magellanicum Comm. ex Pers.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, on the seashore, 2 m, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), *Nothofagus antarctica* wood, 6.1.1989, leg. P (23).

Geum parviflorum Comm. ex Sm.

This small plant often grows on mosses in closed *Nothofagus* woods, or along the creeks.

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, Hosteria Tierra Major, along a creek, in the mosses, *Nothofagus pumilio* forest, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Grammitis magellanica Desv.

Typical plant of siliceous rocks, sometimes also epiphytic, very variable in size.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, in rock crevices, 20 m, 30.12.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, from Hosteria Tierra Major, humid cliffs near the fall, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, rocks of the peak, in niches, 480 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood with big siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, in rock crevices, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Gunnera magellanica Lam.

A common species, growing on peaty, humid soil.

- Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, in the bogs in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Ushuaia, Parque National de la Tierra del Fuego, rocky coast of Bahia Lapataia, 0-5 m, 13.1.1989, leg. P (2).

Hamadryas magellanica Lam.

Most collections consist of strongly hairy plants; the population near Acrosilla contains nearly hairless plants.

- Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, in rock-crevices near the peak, 550 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near the chair-lift station, in a *Nothofagus betuloides* wood, on damp soil, 330 m, 7.12.1987, leg. LT (10). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of mixed *Nothofagus* wood with big siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P(6). - Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, grassland on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, in alpine heaths and grasslands, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Hieracium antarcticum D'Urv.

- Dept. Ushuaia, Parque National, road to Cerro Pampa Alta, open *Nothofagus pumilio* wood and *Chiliotrichum* scrub, 150-300 m, 13.1.1989, leg. P (2).

Hieracium murorum L.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, roadside, 5.12.1987, leg. LT (9).

Hieracium pilosella L.

- Dept. Rio Grande, Ea. Sara, near Bahia S. Sebastian, overgrazed grassland, 11.12.1987, leg. LT (16).

Hierochloe pusilla Haeckel

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26).

Hierochloe redolens (Vahl) Roemer et Schultes

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near the lift station, *Nothofagus betuloides* wood, damp soil, 7.12.1987, leg. LT (10).

Hippuris vulgaris L.

We have also seen this species several times in temporary ponds along the main roasides (introduced ?).

- Dept. Rio Grande, road near Lago Kami, before Hosteria Kaiken, in a pond along the roadside, 9.12.1987, leg. LT (11).

Huanaca acaulis Cav.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, pastizales, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Hypochoeris arenaria Gaudich.

- Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23).

Hypochoeris incana (Hooker et Arn.) Maclosckie

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, pastizales, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Juncus scheuchzerioides L.

A very variable plant.

- Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, wet bog near Lago Verde, 9.1.1989, leg. P.

Lagenifera hariotii (Franchet) T. Dudley

Dept. Ushuaia, Rio Pipo, in mixed forest, 11.1.1989, leg. P ().

Lagenifera nudicaulis (Comm. ex Lam.) T. Dudley

- Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Ushuaia, Parque National de la Tierra del Fuego, near Rio Pipo falls, mostly *Nothofagus betuloides* wood, 11.1.1989, leg. P (2).

Lathyrus magellanicus Lam.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, along the road, disturbed areas, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Lepidium pseudodidymum Thellung

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, along the roadside, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, on incoherent soil beneath the rocks, 10.12.1987, leg. LT (14).

Leucanthemum vulgare Lam.

- Dept. Rio Grande, Bahia S. Sebastian, near the Comìsaria, on the seashore, beneath the cliffs, 11.12.1987, leg. LT (15).

Leucheria hahnii Franchet

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987 , leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, on the rocks of siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Leucheria purpurea (Vahl) Hooker et Arn.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Limosella australis R. Br.

A typical Fuegian pioneer plant on mud along the rivers, in places which are flooded during rainy periods. - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Linum catharticum L.

A species which seems to be spreading in disturbed ground near settlements, often present also in humid grasslands near the coast.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, in the meadows near the seashore, 2 m, 1.12.1987, leg. LT (2).

Littorella australis Griseb. ex Bentham et Hooker f.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, on the seashore, 0 m, 2.12.1987, leg. LT (2).

Luzula alopecurus Desv.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, in a wood opening, 20 m, 30.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, along the roadside, 430 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Rio Grande, road towards Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Luzula antarctica Hooker f.

Moore (1983a) considers *L. antarctica* as synonimous of *L. alopecurus*, but we agree with Correa (1969), in maintaining the species status for *L. antarctica* since this taxon appears to be well characterized; *L. alopecurus* has smaller flowers than *L. antarctica*, and its internal tepals are clearly entire, while those of *L. antarctica* are strongly fimbriate-laciniate.

- Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, rock fissures near the peaks, ca. 500 m, 4.12.1987, leg. LT (6).

Luzula campestris (L.) DC.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, along a creek, ca. 15 m, 5.12.1987, leg. LT (9).

Luzula chilensis Ness et Meyen

- Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid grassland, 100-150 m, leg. P (26).

Luzuriaga marginata (Banks et Sol. ex Gaertner) Bentham et Hooker f.

An interesting, prostrate species, closely related to *L. radicans*, an erect chamaephyte which grows in the Cordilleran region. *L. marginata* is rather frequent in the herb layer of the evergreen woods.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, coastal evergreen forest, 6.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, Parque National de la Tierra del Fuego, near Rio Pipo falls, mostly *Nothofagus betuloides* wood, 11.1.1989, leg. P (2). - Dept. Ushuaia, ca. 4 km E of Pampa de los Indios, *Nothofagus betuloides* wood, on slopes, 20-50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Lycopodium magellanicum (P. Beauv.) Swartz

A widespread species, mainly on very poor soils.

- Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23). - Dept. Ushuaia, S of Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Ushuaia, mountain SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Macrachaenium gracile Hooker f.

- Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, *Nothofagus pumilio* woods, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, S of Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Marsippospermum grandiflorum (L.f.) Hooker f.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, along a creek, 5 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande,wet bog near Lago Verde, 9.1.1989, leg. P. - Dept. Ushuaia, Parque National de la Tierra del Fuego, road to Cerro Pampa Alta, open *Nothofagus pumilio* wood and *Chiliotrichum* scrub, 150-300 m, 13.1.1989, leg. P (2).

Marsippospermum reichei Buchenau

According to Moore (1983, p. 319) this species was not yet known from Isla Grande until now. The specimen was collected on a very wet slope.

- Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, humid, rocky slope, 14.1.1989, leg. P (4).

Maytenus disticha (Hooker f.) Urban

This is a suberect chamaephyte which grows in the understory of evergreen and mixed woods, often forming big colonies intermingled with *Pernettya mucronata* and *P. pumila.*

- Dept. Ushuaia, Parque National, between Bahia Lapataia and Archipielago Cormoranes, *Nothofagus pumilio* wood, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, Parque National, near Bahia Lapataia, mixed wood near the coast, 2.12.1987, leg. LT (2)

Maytenus magellanica (Lam.) Hooker f.

Tree or shrub limited to sheltered areas near the west coast of Fuegia, in evergreen woods, with *Drymis winteri* and *Embothrium coccineum.*

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Haberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, coastal evergreen forest, 10 m, 5.12.1987, leg. LT (9). Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, coastal evergreen forest, 13 m, 6.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, E of Pampa de los Indios, coastal evergreen forest, 50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Microsteris gracilis (Douglas ex Hooker) Greene

This species is almost always found growing in very sparse populations of small, isolated plants.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, on incoherent soil beneath the cliffs (sandstone), 10.12.1987, leg. LT (14). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N- facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid grassland, 100-150 m, leg. P (26).

Misodendrum brachystachyum DC.

- Dept. Ushuaia, road towards Ea. Harberton, beneath Cerro Rojo, on *Nothofagus betuloides*, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Ushuaia, Parque National, near and above Rio Pipo falls, on *Nothofagus betuloides*, 11.1.1989, leg. P (2).

Misodendrum linearifolium DC.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, on *Nothofagus antarctica*, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2).

Misodendrum punctulatum Banks ex DC.

This is the commonest *Misodendrum* species in the whole *Nothofagus* area.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, on *Nothofagus pumilio*, 29.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Rio Grande, ca. 2 km E of Ea. Aurelia, old, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 5.1.1989, leg. P (22).

Misodendrum quadriflorum DC.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, on *Nothofagus pumilio*, ca. 20 m, 30.11.1987, leg. LT (1).

Nanodea muscosa Banks ex C.F. Gaertner

- Dept. Ushuaia, Hosteria Tierra Major, in a bog, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, south of Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Nassauvia abbreviata (Hooker et Arn.) Dusén

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21).

Nassauvia darwinii (Hooker et Arn.) O.Hoffm. et Dusén

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Nassauvia magellanica J.F. Gmelin

Only few specimens were seen above Paso Garibaldi, but this species is very common in the Sierra Martial, N of Ushuaia. In this species the bracts are smooth or strongly dentate, but the character is not costant among the populations.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Rio Pipo banks, near the falls, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near the seat lift station, on gravel near the glacier, 7.12.1987, leg. LT (10). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, on siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, rocky slopes, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Nassauvia pygmaea (Cass.) Hooker f.

This is a typical alpine plant, which characterizes the feldmark communities.

- Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Nothofagus antarctica (Forster f.) Oersted

This tree forms the ecotone communities between woods and steppe, and the timberline on the mountains of the west coast.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, ca. 20 m, 30.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, Hosteria Tierra Major, in the margins of the bogs, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, Sierra Martial, in the timberline, 650 m, 7.12.1987, leg. LT (10). - Dept. Rio Grande, ca. 2 km E of Ea. Aurelia, old, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 5.1.1989, leg. P (22).

Nothofagus betuloides (Mirbel) Oersted

This evergreen species grows in areas near the coast; at higher elevation it forms pure stands only on poor, peaty soils.

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, ca. 2O m, 30.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, W of Brown sawmill, *Nothofagus pumilio* wood, beneath high rocks, ca. 50 m, 12.1.1989, leg. P (30).

Nothofagus pumilio (Poeppig et Endl.) Krasser

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, ca. 20 m, 30.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, at timberline, 700 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Oreobolus obtusangulus Gaudich.

- Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Oreopolus glacialis (Poeppig et Endl.) Ricardi

An heterostylous species, growing on rocks or sandy areas in the East Andean Cordilleras.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, in fissures of the sandstone, 10.12.1987, leg. LT (14).

Osmorhiza chilensis Hooker et Arn.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Rio Pipo falls, ca. 40 m, 2.12.1987, leg. LT (3).

Osmorhiza depauperata Phil.

- Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), *Nothofagus antarctica* wood, 6.1.1989, leg. P (23).

Ourisia breviflora Bentham

This species mostly grows in small colonies on mosses, in humid habitats.

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, from Hosteria Tierra Major, along a creek, among mosses, *Nothofagus pumilio* forest, 320 m, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, *Nothofagus* wood, 14.1.1989, leg. P (4). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid siliceous boulders in *Nothofagus* wood, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Ourisia ruelloides (L.f.) O. Kuntze

An entomophilous species, growing on wet rocks or montane creeks.

- Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Oxalis enneaphylla Cav.

In the deciduous forest communities the plants are sparse, rarely flowering, while in the steppe communities this species forms cospicuous patches.

- Dept. Rio Grande, road towards Rio Grande, near Lago Hanth, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N- facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Oxalis magellanica Forster f.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, eroded slopes of the hills, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Ushuaia, south of Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Ushuaia, Parque National, road to Cerro Pampa Alta, open *Nothofagus pumilio* wood and *Chiliotrichum* scrub, 150-300 m, 13.1.1989, leg. P (2).

Perezia magellanica (L.f.) Lag.

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, Hosteria Tierra Major, *Nothofagus betuloides* forest, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, mountain SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, 500-700 m, *Nothofagus* wood, 14.1.1989, leg. P (4).

Perezia pilifera (G.Don) Hooker et Arn.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, rocky slopes (feldmark), 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Perezia recurvata (Vahl) Less.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, on the coastal cliffs, 5 m, 2.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, coastal cliffs, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Pernettya mucronata (L.f.) Gaudich. ex G.Don

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, 4 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, 5-15 m, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood with big siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P(6). - Dept. Ushuaia, S of Ushuaia, near the town, grassland and anthropogenous vegetation, ca. 10 m, 15.1.1989, leg. P (33).

Pernettya pumila (L.f.) Hooker

- Dept. Ushuaia, along Rio Pipo banks, 40 m, 30.11.1987, leg. LT (3). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Estancia Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21). - Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), *Nothofagus antarctica* wood, 6.1.1989, leg. P (23). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, heath-community, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Phacelia secunda F.Gmelin

This species grows often as an apophyte on open sandy soil in the steppe region.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, incoherent soil beneath the rocks, 10.12.1987, leg. LT (14). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Phaiophleps biflora (Thumb.) R.C. Foster ssp. ***biflora***

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, slopes along the roadside, 10 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19). - Dept. Rio Grande, on the hills ca. 6 km SW of Estancia Cauchicol, *Chiliotrichum* scrub, 5.1.1989, leg. P (21).

Phleum commutatum Gaudin

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13).

Pinguicola antarctica Vahl

Found only once, forming a sparse colony.

- Dept. Ushuaia, mountain SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Plagiobothrys calandrinioides (Phil.) I.M. Johnson

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, along the roadside, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, on mud along the river, isolated plants, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Plantago barbata Forster f.

- Dept. Ushuaia, Hosteria Tierra Major, bog and cushion heath, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, ca. 12 km W of Rancho Hambre, in *Sphagnum-Empetrum* bog, ca. 200 m, 10.1.1989, leg. P (29).

Plantago maritima L.

- Dept. Ushuaia, Ushuaia harbour, in rock fissures, near the seashore, 3 m, 29.11.1987, leg. LT (33). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Plantago uniglumis Wallr. ex Walpers

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, on incoherent soil beneath the cliffs (sandstone), 10.12.1987, leg. LT (14).

Poa alopecurus ssp. *fuegiana* (Hooker f.) D.M.Moore & Doggett

- Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, *Nothofagus* wood with big siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Poa nemoralis L.

- Dept. Rio Grande, road towards Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12).

Poa rigidifolia Steudel

- Dept. Rio Grande, road from Ushuaia to Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13).

Polygala salasiana C. Gay

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N- facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Polygonum aviculare L.

- Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Polystichum andinum Phil.

- Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, in fissures of rocks near the peak, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, Sierra Martial, above timberline, in *Bolax* cushions, 650 m, 7.12.1987, leg. LT (10). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, in the rock fissures, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Pratia longiflora Hooker f.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N- facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Pratia repens Gaudich.

This species, which grows in humid depression in the steppe communities, was seen also near Ushuaia.

- Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of

Laguna Escondida, humid grassland beneath siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6). Dept. Ushuaia, SW of Ushuaia, 11.1.1989, leg. P (2).

Primula magellanica Lehm.

Most populations consist only of white flowering plants; a single population with lilaceous flowers (like those of *P. farinosa*).

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, humid grassland, 2 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, Hosteria Tierra Major, in the bogs, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Ushuaia, ca. 12 km W of Rancho Hambre, in *Sphagnum-Empetrum* bog, ca. 200 m, 10.1.1989, leg. P (29). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood with big siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Puccinellia biflora (Steudel) Parodi

This species builds up a very typical association of its own along the rivers on somewhat salty soil.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Ranunculus biternatus Sm.

In Fuegia the genus *Ranunculus* is still little known, and some identification are dubious.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, in humid depressions, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26).

Ranunculus minutiflorus Bert. ex Phil.

- Dept. Ushuaia, between Paso Garibaldi and the Bronzovich sawmill, humid margins of the forest, 4.12.1987, leg. LT; revidit D.M. Moore, 6.12.1988 (5). - Dept. Ushuaia, W of Brown sawmill, in *Nothofagus pumilio* wood, beneath high rocks, ca. 50 m, 12.1.1989, leg. P (30). - Dept. Ushuaia, ca. 4 km E of Pampa de los Indios, on slopes along an eutrophic bog, 20-50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Ranunculus peduncularis Sm.

This species is very variable in shape and size.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, near the coast, wet meadow, ca. 3 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, Parque National, road to Lapataia, just before Archipielago Cormoranes, 2.12.1987, leg. LT; revidit D.M. Moore, 6.12.1988 (2). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside across the Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus*-wood with big siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Ranunculus sericocephalus Hooker f.

- Dept. Rio Grande, road from Ushuaia to Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12).

Ribes magellanicum Poiret

- Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, in a forest edge, 20 m, 30.11.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, 10 m, 1.12.1988, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Rostkovia magellanica (Lam.) Hooker f.

Widespread in wet vegetation in the South-West of Fuegia, mainly along lake and river banks.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Archipielago Cormoranes, along the lake margins, 5 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande, 1 km SE of Lago Hantu, *Nothofagus* wood, 8.1.1989, leg. P (12). - Dept. Ushuaia, ca. 12 km W of Rancho Hambre, *Sphagnum-Empetrum* bog, ca. 200 m, 10.1.1989, leg. P (29).

Rubus geoides (L.f.) Hooker

- Dept. Ushuaia, lower course of Rio Pipo, ca. 20 m, 30.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, in *Nothofagus pumilio* woods, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, south of Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Rumex longifolius DC.

This species, not previously reported from Fuegia (Moore, 1983a), seems to be widely distributed. Many colonies were identified by T. Ahti (Helsinki), who is well acquainted with this plant; the collected specimen was seen by the monographer of the genus, Prof. Reichinger (Vienna), who stated that the fruits were somewhat too young for a certain identification, but that the plant is most probably *R. longifolius*. Eventually the species was introduced not long ago and is spreading like it does in some European regions (Reichinger, 1990).

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N- facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Sagina procumbens L.

- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, near the coast, in the meadows, ca. 3 m, 1.12.1987, leg. LT (2).

Satureja darwinii (Bentham) Briquet

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13).

Saxifraga magellanica Poiret

A very variable species, growing from sea level to ca. 1000 m, widespread in the mountains.

- Dept. Ushuaia, Parque national, lower course of Rio Pipo, ca. 40 m, 30.11.1987, leg. LT (1). - Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, near the peak, ca. 700 m, 4.12.1987, leg. LT; revidit D.M. Moore, 6.12.1988 (6). - Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, incoherent soil of the road slopes, 370 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Ensenada, rocks near the seashore, 2 m, 6.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, steep slope

N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6). - Dept. Ushuaia, mountain SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Saxifragella bicuspidata (Hooker f.) Engler

Found only in the alpine region (ca. 1100 m), not flowering.

- Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, SW facing, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Schoenus andinus (Phil.) Pfeiffer

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, Hosteria Tierra Major, in a hangmoore beneath the cliffs, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, ca. 12 km W of Rancho Hambre, *Sphagnum-Empetrum* bog, ca. 200 m, 10.1.1989, leg. P (29). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland beneath siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Scirpus cernuus Vahl

- Dept. Ushuaia, ca. 4 km E of Pampa de los Indios, eutrophic bog, on slopes, 20-50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Scutellaria nummulariifolia Hooker f.

On sandy soil or gravel, in low, disturbed vegetation.

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, eroded hill slopes, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Senecio acanthifolius Hombron et Jacquinot

Very common in deciduous and mixed woods of *Nothofagus*, rare in moist grasslands; the upper leaves are rarely semi-amplexicaul.

- Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, from Hosteria Tierra Major, mixed woods, 320 m, 3.12.1987, leg. LT (4). - Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, *Nothofagus pumilio* wood, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, *Nothofagus* wood with big siliceus boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Senecio cfr. ***arnotti*** Hooker f.

- Dept. Ushuaia, south of Ushuaia, near the town, grassland and anthropogenous vegetation, ca. 10 m, 15.1.1989, leg. P (33).

Senecio candidans DC.

This species grows always near the coasts, often on the seashore.

- Dept. Rio Grande, Bahia S. Sebastian, near the Comìsaria, on the coast, fine gravel, ca. 2 m, 11.12.1987, leg. LT (15). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Senecio darwinii Hooker et Arn.

- Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, along the roadside, ca. 400 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Senecio kingii Hooker f.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, on the top of the hill, growing in the rock fissures, 10.12.1987, leg. LT (14).

Senecio laseguei Hombron et Jaquinot

- Dept. Rio Grande, ca. 3 km E of Ea. Despedida (WSW Rio Grande), windy ridges, 6.1.1989, leg. P (23).

Senecio leucomallus A. Gray

- Dept. Ushuaia, on the peaks around Paso Garibaldi, ca. 500 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, on siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6). - Dept. Ushuaia, mountains SE of Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, rocky slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Senecio magellanicus Hooker et Arn.

- Dept. Rio Grande, road from Ushuaia to Rio Grande, near Lago Hantu, along the roadside, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, rocky grassland, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Senecio miser Hooker f.

This shrubby species, with *S. patagonicus* and *S. tricuspidatus*, forms a highly polymorphic group in which many populations appear to grade towards each other. Further studies are necessary in order to evaluate their taxonomical status. We have identified as *S. miser* the specimens with glandular-pubescent, more or less viscid leaves, growing in open, disturbed habitats.

- Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, ca. 400 m, near the road, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, Parque National, Cordon del Toro, above Lago Rocha, burned *Nothofagus pumilio* wood, 6.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, Parque National, at and above Rio Pipo falls, mostly *Nothofagus betuloides* wood, 11.1.1989, leg. P (2).

Senecio patagonicus Hooker et Arn.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, in the fissures of the rocks, 10.12.1987, leg. LT (14). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Senecio smithii DC.

This species is widely distributed in forest clearings, but can grow also as an apophyte in disturbed areas.

- Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, moist areas along the road, 430 m, 4.12.1987, leg. LT (6). - Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro

Moat, near the seashore, ca. 2 m, 5.12.1987, leg. LT (9). - Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Senecio tricuspidatus Hooker et Arn.

- Dept. Ushuaia, coastal road from Ea. Harberton to Ea. Moat, near Cerro Moat, 5.12.1987, leg. LT; revidit D.M.Moore, 6.12.1988 (9). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Senecio trifurcatus (Forster f.) Less.

- Dept. Ushuaia, ca. 4 km E of Pampa de los Indios, eutrophic bog, on slopes, 20-50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Silene magellanica (Desr.) Bocquet

- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Sisymbrium magellanicum (Pers.) Hooker f.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, incoherent soil beneath the rocks, 10.12.1987, leg. LT (14).

Sisyrinchium patagonicum Phil.

- Dept. Ushuaia, Parque National, rocky coast of Bahia Lapataia, 0-5 m, 13.1.1989, leg. P (2).

Stellaria debilis D'Urv.

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SE of Ea. Rio Apen, humid depression, with *Bolax* and *Polytrichum* cushions, 100-150 m, leg. P (26).

Taraxacum officinale Weber

A widespread species, with very different leaf forms. Most probably different apomictic species were introduced from Europe.

Taraxacum gilliesii Hooker et Arn.

- Dept. Rio Grande, road from Ushuaia, to Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Ushuaia, Sierra Alvear, near Acrosilla, above timberline, rocky grassland, 700-1000 m, 17.1.1989, leg. P (10).

Tetroncium magellanicum Willd.

- Dept. Ushuaia, Parque National, road towards Lapataia, *Sphagnum* bog, 2.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Rio Grande,wet bog near Lago Verde, 9.1.1989, leg. P (15). - Dept. Ushuaia, ca. 4 km E of Pampa de los Indios, eutrophic bog, on slopes, 20-50 m, 12.1.1989, leg. P (32).

Thlaspi magellanicum Comm. ex Poiret

This species is widespread in the region; often only isolated plants or very small colonies are found.

- Dept. Rio Grande, road from Ushuaia to Rio Grande, near Lago Hantu, grazed *Nothofagus antarctica* wood, 9.12.1987, leg. LT (12). - Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, 1 km SE of Lago Hantu, *Nothofagus pumilio* wood, 8.1.1989, leg. P (28). - Dept. Ushuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood with big siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P (6).

Tribeles australis Phil.

Only sterile material was collected.

- Dept. Ushuaia, in the bog of Hosteria Tierra Major, ca. 500-700 m, 14.1.1989, leg. P (4).

Triglochin concinna Davy

- Dept. Rio Grande, in humid depressions of the hills, ca. 6 km SW of Ea. Cauchicol, 5.1.1989, leg. P (21).

Trisetum spicatum (L.) K. Richter

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareus rocks, E- and N- facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Tristagma nivale Poeppig

- Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareous rocks, east- and north-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Urtica magellanica Poiret

Dept. Ushuaia, Ea. Haberton, at sea level, leg. Poelt (31).

Valeriana carnosa Sm.

- Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, in rock crevices (sandstone), 10.12.1987, leg. LT (14). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18). - Dept. Rio Grande, ca. 7 km SW of Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, conglomeratic calcareous rocks, E- and N-facing slopes, 10-20 m, 4.1.1989, leg. P (20).

Veronica sp.

Dept. Rio Grande, in the steppe, 3.1.1989, leg. Poelt (18).

Veronica serpyllifolia L.

A very widespread weed from Europe, even seen in the alpine region in Sierra Alvear.

- Dept. Ushuaia, near the Bronzovich sawmill, Laguna Escondida, anthropic glade in *Nothofagus betuloides* forest, 4.12.1987, leg. LT (5). - Dept. Rio Grande, N of Rio Grande, along the roadside in Fuegian steppe, 5-10 m, leg. P (18).

Vicia bijuga Giller ex Hooker et Arn.
- Dept. Rio Grande, on the coast N of Rio Grande, overgrazed grassland, 2.1.1989, leg. P (18).

Vicia magellanica Hooker f.
- Dept. Ushuaia, Parque National, Bahia Lapataia, near the coast, 3 m, 1.12.1987, leg. LT (2). - Dept. Ushuaia, S of Ushuaia, near the town, grassland and anthropogenous vegetation, ca. 10 m, 15.1.1989, leg. P (33).

Viola cfr. *commersonii* DC.
- Dept. Uhuaia, below Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the opening of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7).

Viola maculata Cav.
- Dept. Rio Grande, Ea. Behety, matorral de coiron, 10.12.1987, leg. LT (13). - Dept. Rio Grande, slopes of Cabo S. Domingo, ca. 12 km N of Rio Grande, sandy soil, 1-30 m, 4.1.1989, leg. P (19).

Viola magellanica Forster f.
- Dept. Ushuaia, Parque National, near Rio Pipo falls, in mixed *Nothofagus* wood, 2.12.1987, leg. LT (3). - Dept. Rio Grande, steep slope N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, humid grassland in the openings of *Nothofagus* wood with big siliceous boulders, 400-500 m, 10.1.1989, leg. P(6).

Viola tridentata Menz. ex DC.
-Dept. Ushuaia, Paso Garibaldi, wet hang-bog, forming low cushions, ca. 500 m, 4.12.1987, leg. LT; det. D.M. Moore, 6.12.1988 (6). - Dept. Ushuaia, south of Paso Garibaldi, ca. 7 km N of Rancho Hambre, ca. 500 m, wet bog in the openings of *Nothofagus* wood, 9.1.1989, leg. P (7). - Dept. Ushuaia, mountain SE Sierra Alvear, N of Hosteria Tierra Major, bog on SW facing slopes, 14.1.1989, leg. P (4).

Xerodraba sp.

The specimen has only vegetative parts and its attribution to *Xerodraba,* a genus with six species distributed in South Patagonia, is just an educated guess. The plants forms lax cushions on the top of an isolated, eroded sandstone outcrop (Cerro Castillo, Ea. S. Julio), a dry meseta in the north-eastern part of Isla Grande. The vegetative characters and the habitus-type are similar to those of the *Xerodraba picnophylloides*-group, but the attribution remains uncertain, also after having examined the species types, preserved in Berlin. Our specimen has obtuse, cucullate, laxly embricate leaves, more than 6 mm long and 2 mm large, with epidermic papillae at the apex, and stomata in deep groves. These characters might suggest its attribution to *Xerodraba monantha,* a

species collected only once, 80 years ago, somewhere in the region of S.ta Cruz (Schulz, 1927; Cabrera, 1984); the type material of this species, however, has smaller leaves.

In the same area, on Cerro Hongo, grows *Benthamella nordenskjoldii*, an other pulvinate chamaephyte forming lax cushions, which, however, has linear, acute leaves (Arroyo, 1980; in Moore's Flora, the drawing of *B. nordenskjoldii* is that of *B. longifolia*). We have not seen any specimens of this species.

Dept. Rio Grande, Ea. S. Julio, el Castillo, on the top, in the rock fissures, conglomeratic rocks, 10.12.1987, leg. LT (14).

APPENDIX II

Parasitic fungi of higher plants collected by J. Poelt (specimens in GZU).

Taphrinales

Taphrina entomospora Baxt

- Dept. Rio Grande, 2 km East of Ea. Aurelia, on *Nothofagus pumilio*, 5.1.1989. - Dept. Ushuaia, W of Brown Sawmill, ca. 50 m, on *Nothofagus pumilio*, 12.1.1989.

Peronosporales

Peronospora ranunculi Gäumann (s. ampl.)

- Dept. Ushuaia, W of Brown Sawmill, ca. 50 m, on *Ranunculus maclovianus*, 12.1.1989.

Exobasidiales

Exobasidium sp.

- Dept. Rio Grande, 3 km E of Ea. Despedida, on *Pernettya pumila*, 6.1.1989. - Dept. Ushuaia, steep slope N of Paso Garibaldi, 400-500 m, on *Pernettya pumila*, 10.1.1989.

Uredinales

Aecidium aridum Dietel

- Dept. Rio Grande, 6 km SW of Ea. Cauchicol, on *Berberis buxifolia*, 5.1.1989. - Dept. Rio Grande, 7 km SW of Ea. Rio Apen, 100-150 m, on *Berberis buxifolia*, 7.1.1989.

Aecidium magellanicum Berk.

- Dept. Rio Grande, Cabo Santo Domingo, on *Berberis buxifolia*, 4.1.1989. - Dept. Ushuaia, Ea. Moat, 4 km W of Pampa de los Indios, on *Berberis buxifolia*, 12.1.1989.

Aecidium negerianum Dietel

- Dept. Ushuaia, N of Paso Garibaldi, in front of Laguna Escondida, 400-500 m, on *Ranunculus peduncularis*, 10.1.1989.

Kuehneola andicola (Dietel & Neger) Dietel

- Dept. Ushuaia, south of Paso Garibaldi, 7 km N of Rancho Hambre, 500 m, on *Rubus geoides*, 9.1.1989.

Puccinia callaquensis Neger

- Dept. Rio Grande, Cabo Santo Domingo, on *Geranium magellanicum*, 4.1.1989.

Puccinia* cfr. *epilobii DC.

- Dept. Ushuaia, N of Paso Garibaldi, in front of Laguna escondida, 400-500 m, wet slope, on *Epilobium australe* (systemic), 10.1.1989.

Puccinia philippi Dietel & Neger

- Dept. Rio Grande, 3 km E of Ea. Despedida, on *Osmorrhiza depauperata*, 6.1.1989.

Puccinia plumbaria Deck

- Dept. Rio Grande, 6 km SW of Ea. Cauchicol, on *Microsteris gracilis*, 5.1.1989.

Puccinia ribesii-caricis Kleb.

The aecidia most probably belong to a *Puccinia* species with alternate generation on *Carex* and is here therefore identified as *P. ribesii-caricis* s. ampl.

- Dept. Ushuaia, south of Paso Garibaldi, 7 km N of Rancho Hambre, on *Ribes magellanicum*, very sparse, 9.1.1989.

Uromyces mulini Schroeter

- Dept. Rio Grande, Cerro Chenen, rocky slope exposed to NW, 200-230 m, on *Azorella*, 8.1.1989.

Uromyces nordenskjoldii Dietel

- Dept. Rio Grande, near the bridge on Rio Grande, 7 km SW of the town of Rio Grande, on *Vicia bijuga*, 4.1.1989. - Another collection in GZU: Dept. Ushuaia, M.te Susane, 120-130 m, on *Vicia magellanica*, "muy numerosamente", 14.12.1969, leg. H. Roivainen (dupl. ex H).

Uromyces pratiae Speg.

Dept, Rio Grande, 3 km E of Ea. Despedida, on *Pratia repens* (systemic), 6.1.1989.

- Dept. Ushuaia, south of Paso Garibaldi, 7 km N of Rancho Hambre, on *Pratia repens* (systemic), 9.1.1989.

Authors' address:

Dr. Mauro TRETIACH
Prof. Duilio LAUSI
Dipartimento di Biologia
Via Valerio, 32-34
I - 34127 TRIESTE

Prof. Josef POELT
Institut für systematische Botanik
Holteigasse, 8
A - 8010 GRAZ

STUDIA GEOBOTANICA
9: 73-152, 1989

LAS COMUNIDADES LIQUENICAS SAXICOLAS, OMBROFOBAS, LITORALES, DEL SUROESTE DE EUROPA Y NORTE DE AFRICA (*ROCCELLETEA PHYCOPSIS* CLASSIS PROV.)

José M. EGEA

Keywords: Coast, Lichens, N Africa, Ombrophobous, Saxicolous, SW Europa, Vegetation.

Abstract: This paper is a study of the ombrophobous saxicolous lichen vegetation along the coasts of southwestern Europe and northern Africa, with some comments on the bioclimatic features of this area. All taxa mentioned in the text are included in a commented list. The species considered as characteristic or transgressive of ombrophilous communities are provided with a comment on their distribution, ecology and sintaxonomy. Distribution maps are provided for some little known species.

On the basis of the phytosociological approach 6 associations and 2 communities are recognized, according to the following syntaxonomic scheme:
Roccelletea phycopsis Class. prov. Saxicolous, ombrophobous, thermophytic, aerohygrophytic, halotolerant, photophytic to skiophytic, scarcely to not nitrophytic. Littoral or sublittoral areas, in Europe and northern Africa.
Dirinetalia massiliensis Ord. prov. On carbonatic rocks. Mediterranean and Eurosiberian regions.
Roccellion phycopsis Egea et Llimona em. On carbonatic rocks. Optimum in the Mediterranean region.
Dirinetum repandae Clauzade et Roux 1975. Littoral or sublittoral areas, in the infra-thermo-mesomediterranean and thermocolline stage.
? Community of Opegrapha durieui On porous more or less soft rocks near the sea. Thermomediterranean.
Roccelletalia fuciformis Ord. prov. Siliceous and volcanic rocks. Macaronesian, Mediterranean and Eurosiberian regions.
Roccellion tinctoriae Klement 1965. On vertical and overhanging cliffs, very aerohygrophytic, photophytic. Optimum in the Macaronesian region. Present also in high air moisture areas of the Mediterranean and Eurosiberian regions.
Roccelletum tinctoriae Klement 1965. Shaded volcanic rocks. Infra- thermo-Mediterranean-Canarian. From arid to humid ombroclimate.
Lecanactidion monstrosae All. prov. Acidophitic, anombrophytic, from photophytic to very skiophytic, less aerohigrophytic than the former alliance. Littoral of the Mediterranean, Macaronesian and southern half of the Eurosiberian region.
Dirinetum africanae Egea et Llimona 1984 corr. Siliceous and volcanic rocks. On cavities, small caves, overhanging and vertical cliffs thermo (meso ?)- Mediterranean and infra-thermocanarian. From arid to dry ombroclimates.
Lecanactino plocinae-Dirinetum sorediatae Egea et Rowe 1987 Sandstone and schists. Coast and sublittoral hills of Cádiz and Tánger. Thermomediterranean subhumid (humid ?).
Sclerophytetum circumscriptae James, Hawksworth et Rose 1977 Southern part of the Eurosiberian region. Siliceous rocks.
Lecanactino monstrosae-Dirinetum insulanae Ass. nova. Volcanic rocks. Infra-thermomediterranean- canarian, (thermocolline ?). Ombroclimate arid to subhumid.

The ecology, distribution and floristic composition of all syntaxonomic units are discussed.

INTRODUCCION

La clase *Roccelletea phycopsis* se propone aquí como nueva, de forma provisional, para agrupar las comunidades liquénicas saxícolas, ombrófobas, del litoral de Europa occidental y Norte de Africa. Están constituidas por líquenes crustáceos y fruticulosos que tienen, en gran parte, *Trentepohlia* como fotobionte.

El conocimiento de estas comunidades, ricas en especies de las familias *Roccellaceae* y *Opegraphaceae* es, hasta la fecha, parcial y fragmentario. Du Rietz (1925) es el primero en describir una asociación dominada por *Dirina stenhammari* (*Lecanactis stenhammarii* Ass.) de la Isla Götland (Suecia). Nuevas comunidades son propuestas posteriormente, de forma puntual, de: Canarias (Klement 1965, Follmann 1973,1976), NW de Francia (Massé 1966), Centroeuropa (Wirth 1972), SE de Francia (Clauzade et Roux 1975), Islas Británicas (James et al.1977), SE de España (Egea et Llimona 1984) y SW de España (Egea et Rowe 1987).

El encuadre sintaxonómico de las distintas comunidades descritas es un problema aún sin resolver. Klement (1965) introduce la Al. *Roccellion* (= *Roccellion tinctoriae* Follmann 1973) para acomodar las comunidades ricas en especies de *Roccella* y *Ramalina* de Canarias. Egea et Llimona (1984) reúnen, en la Al. *Roccellion phycopsis,* las comunidades descritas de la Región Mediterránea occidental. Las dos alianzas quedan, sin embargo, aisladas dentro de los esquemas sintaxonómicos propuestos por distintos autores, para las comunidades saxícolas europeas (Wirth 1972, 1980; Roux 1978; Creveld 1981; Egea et Llimona 1987). Klement (1965) y Follmann (1973) son los únicos en indicar que la Al. *Roccellion tinctoriae* puede ser incluida, junto con otras alianzas costeras, halófilas, en los órdenes acidofíticos, que agrupan comunidades ombrófilas de la clase *Rhizocarpetea geographici.*

Con este trabajo pretendemos rellenar, al menos parcialmente, la laguna existente en el conocimiento de las comunidades ombrófobas, saxícolas del litoral de la Región Mediterránea, Macaronésica y Eurosiberiana. Algunos resultados obtenidos han sido parcialmente publicados, (Egea et Llimona 1982, 1984, Egea et Rowe 1987, Egea et al. 1987, Egea 1989, Llimona et Egea 1984), aunque ciertos planteamientos deben ser modificados.

Uno de los principales problemas que nos hemos encontrado en la realización del estudio, ha sido la identificación de los táxones, tanto en el campo como en el laboratorio. Por un lado, algunas especies típicas de las comunidades ombrófobas no estaban bien definidas, o suficientemente claras, lo que nos ha llevado, en ocasiones, a errores de nomenclatura en las especies características de algunas asociaciones descritas. Por otro lado, ciertas especies pasaban completamente inadvertidas por su reducido tamaño o por su semejanza con otros taxones bien conocidos. Este es el caso de *Dirina immersa* y

D. insulana, que son muy parecidos a talos estériles y con picnidios de *D. massiliensis* y *D. paradoxa* subsp. *africana*, respectivamente.

El estudio taxonómico que hemos realizado sobre la familia *Opegraphaceae*, en la Península Ibérica y Norte de Africa (Torrente et Egea 1989) y la revisión de los géneros *Dirina* y *Roccellina* (Tehler 1983), han sido fundamentales para resolver muchos de los problemas arriba planteados.

LOCALIDADES ESTUDIADAS: BIOGEOGRAFIA Y BIOCLIMATOLOGIA

Basamos este trabajo en los resultados obtenidos del estudio de 42 localidades, situadas en el litoral de la Península Ibérica y Norte de Africa. Al diseñar nuestro esquema se ha tenido en cuenta las observaciones realizadas anteriormente en el S y SE de España y Canarias (Egea et Llimona 1984, Egea et Rowe 1987, Egea et al.1987). En el mapa de la fig.1 puede verse su situación geográfica. Por razones de escala cada punto puede representar a una o varias localidades indicadas en la tabla 1.

Atendiendo a la tipología biogeográfica establecida por Rivas Martínez (1987), la zona estudiada se incluye, hasta el nivel de subregión, en las siguientes unidades corológicas:

Reino Holártico
- Región Eurosiberiana
  - -Subregión Atlántica-Medioeuropea
- Región Mediterránea
  - -Subregión Mediterránea Occidental
- Región Macaronésica
  - -Subregión Canaria

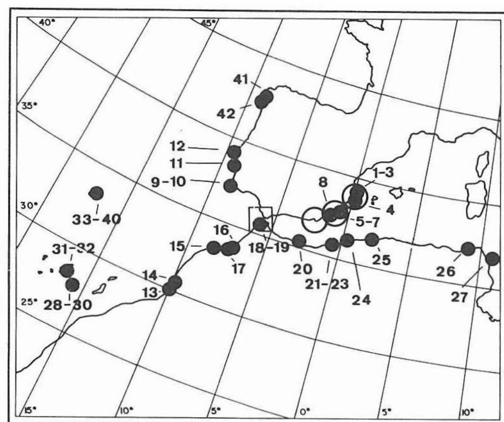


Fig. 1. Localidades estudiadas
● En este trabajo
○ En Egea *et* Llimona (1984)
□ En Egea *et* Rowe (1987)

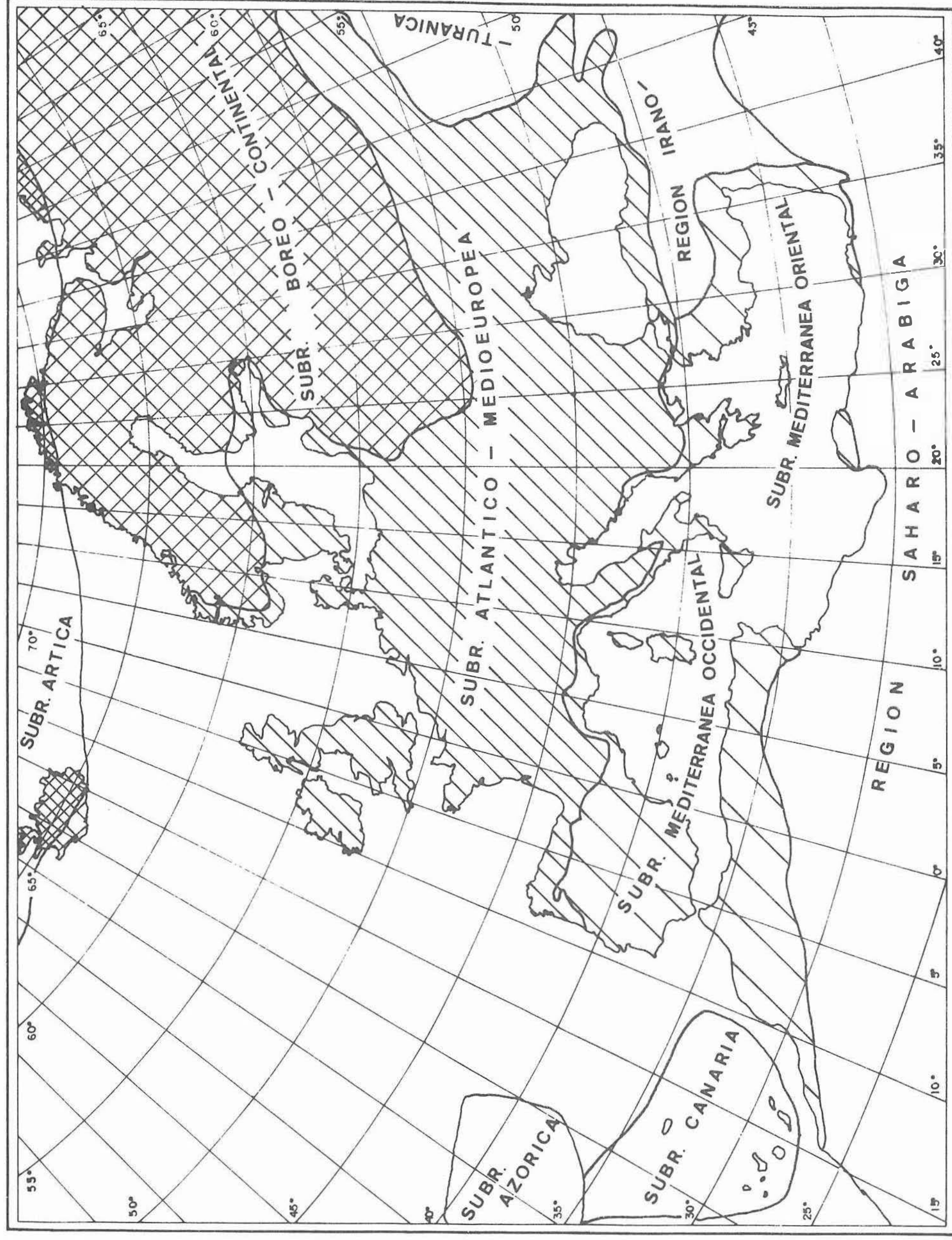


Fig. 2. Regiones y subregiones biogeográficas de Europa y Norte de Africa

En la aproximación de Rivas Martínez (1987) sobre la tipología biogeográfica de Europa, se reconocen tres regiones, siete subregiones y cuarenta y tres provincias, treinta y siete de las cuales se agrupan en doce superprovincias. La separación de las distintas unidades corológicas se basa fundamentalmente en criterios fitocenológicos, bioclimáticos, florísticos y de vegetación. Las diferencias principales respecto a la síntesis biogeográfica de Meusel et col. (1965) se reducen a las siguientes:

1) Se reúne dentro de la Región Eurosiberiana, con el rango de subregión, parte de los territorios circumárticos y circumboreales.

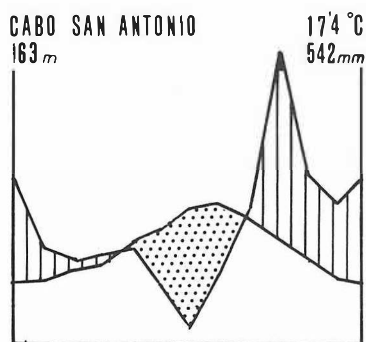
2) Se excluye la Subregión Submediterránea, quedando gran parte de sus provincias subordinadas a la Subregión Atlántico-Medioeuropea.

3) La Región Macaronésico-Mediterránea se separa en dos regiones, Macaronésica y Mediterránea, subdivididas cada una de ellas en dos subregiones.

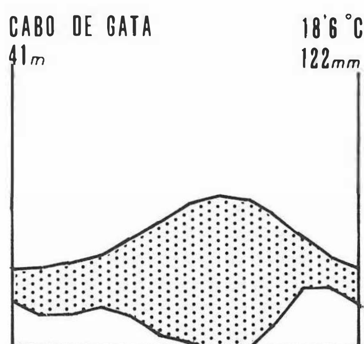
En el mapa de la Fig. 2 se presenta una aproximación a la tipología biogeográfica de Europa, hasta el nivel de Subregión, basada en los límites de Meusel et al. (1965), modificados con los datos extraidos del esquema propuesto por Rivas Martínez (1987). No obstante, y de acuerdo con la discusión mantenida durante el VI Colóquio de OPTIMA celebrado en Delfos (Grecia), todo el litoral adriático, desde el punto de vista de la flora y vegetación liquénica, debe quedar incluido dentro de la región Mediterránea.

El área donde mayor número de prospecciones liquenológicas hemos realizado ha sido en la Subregión Mediterránea Occidental. Las localidades se sitúan a lo largo de la costa, entre Sidi Ifni (Marruecos) y Cabo Bon (Túnez) y entre Denia (España) y Cabo Roca (Portugal). Se cuenta además con los datos aportados por diversos autores, del NE de España (Llimona et al. 1984), SE de Francia (Clauzade 1970, Clauzade et Roux 1975, Roux 1978), Italia (Nimis et al. 1987), Creta (Rondon 1969) y Peloponeso (Rondon 1970). En la Región Macaronésica se ha estudiado en profundidad la Isla de Madeira y de forma puntual, Gran Canaria y Tenerife. En esta última isla hay que destacar las aportaciones de Klement (1965) y Follmann (1976). Nuestras observaciones en la Región Eurosiberiana, se reducen a las localidades de Carboeiro (Coruña) e Isla de Ons (Pontevedra). No obstante, contamos con las aportaciones, entre otras, de: Du Rietz (1925), Nowak (1960), Massé (1966) y James et al. (1977).

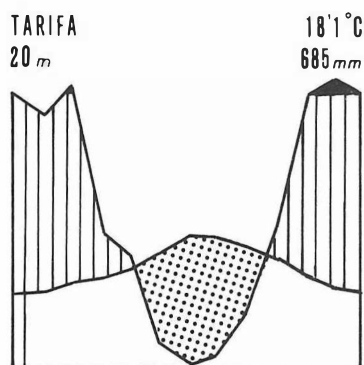
El clima en todo el territorio es básicamente de tipo mediterráneo (Fig. 3, 4, 5), con un máximo pluviométrico en invierno, excepto en el E. y SE. de España en que se concentran en primavera y otoño. En verano, la sequía es casi absoluta, menos en la zona septentrional de Madeira y Carboeiro. Esta última localidad participa además del régimen climático eurosiberiano, donde la pluviosidad es relativamente elevada durante todo el año. En Canarias y Madeira el clima viene modificado por su posición oceánica, a causa de la influencia y dominancia casi persistente de los vientos alisios.



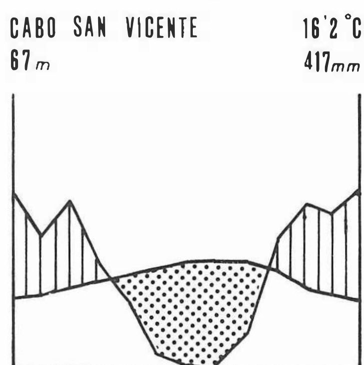
a



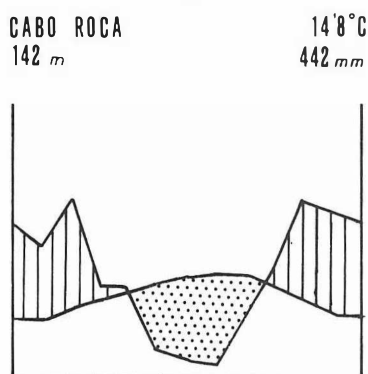
b



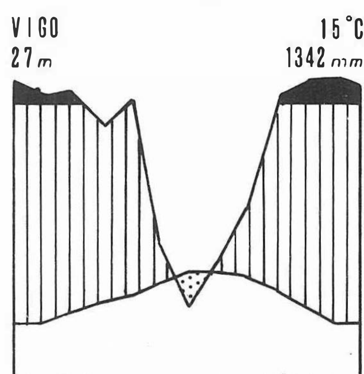
c



d

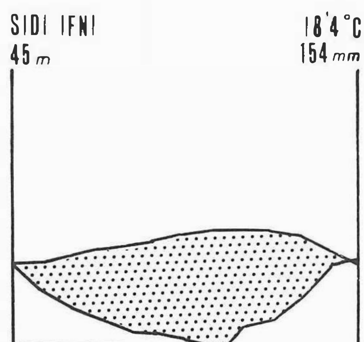


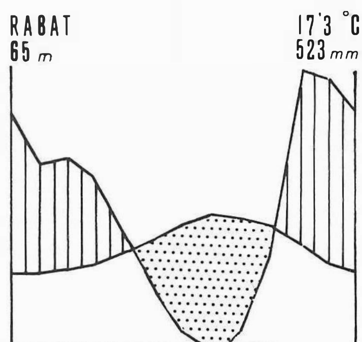
e

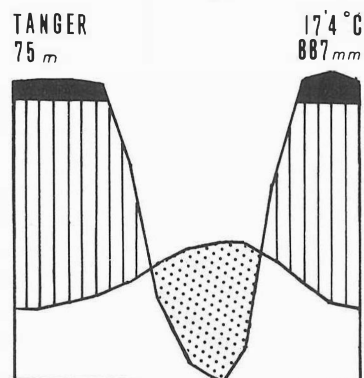


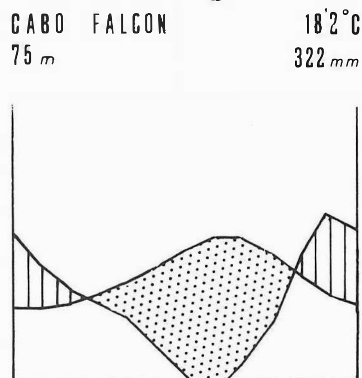
f

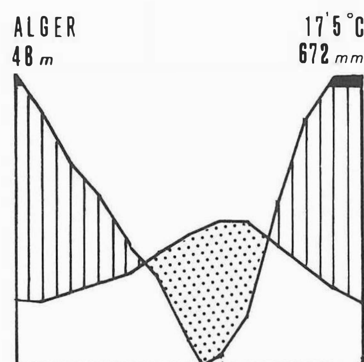
Fig. 3. Diagramas ombrotérmicos de : a) Cabo de S. Antonio (Alicante); b) Cabo de Gata (Almería); c) Tarifa (Cádiz); d) Cabo de S. Vicente (Algarve); e) Cabo de Roca (Sintra).











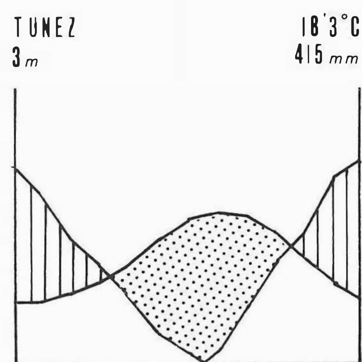
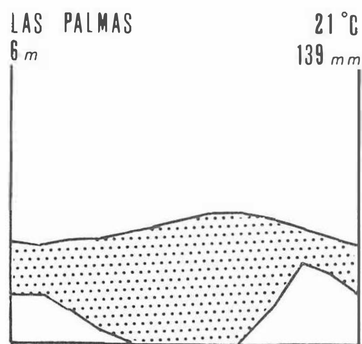
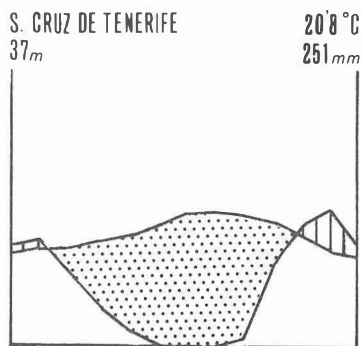
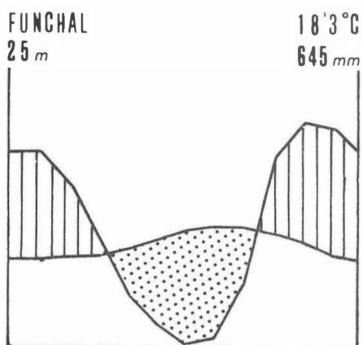
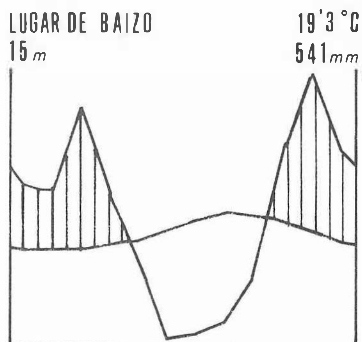


Fig. 4. Diagramas ombrotérmicos de : a) Sidi Ifni; b) Rabat; c) Tánger; d) Cabo Falcón (Orán); e) Alger; f) Túnez.











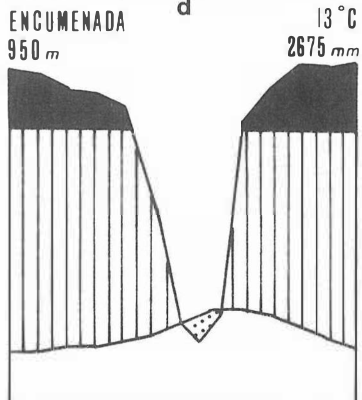


Fig. 5. Diagramas ombrotérmicos de : a) Las Palmas (Gran Canaria); b) St^a Cruz de Tenerife; c) Funchal (Madeira); d) Lugar de Baizo (Madeira); e) Santo da Serra (Madeira); f) Encumenada (Madeira).

Las temperaturas son suaves en toda la zona. Las oscilaciones térmicas están poco marcadas, debido al efecto amortiguador de los vientos marinos. Las temperaturas medias se sitúan entre 17-18,5°C, excepto en las zonas bajas de la Región Macaronésica y SW de Marruecos, en que se sitúan por encima de los 19°C. Los inviernos van de templados a muy cálidos, y el riesgo de heladas es prácticamente nulo.

Las precipitaciones, a diferencia de la temperatura, son mucho más variadas. La pluviosidad más baja, inferior a 200 mm, se da en el SW de Marruecos, (Sidi Ifni 154 mm), Canarias (Las Palmas 139 mm) y SE de España (Cabo de Gata 122 mm). La zona más lluviosa se encuentra situada en la mitad septentrional de Madeira, con precipitaciones comprendidas entre 1300-3000 mm (Santana 1314 mm, Ensenada 2675 mm). En el resto de localidades oscilan entre 250-900 mm (Cabo Falcón 132 mm, Túnez 415 mm, Cabo de Roca 442 mm, Rabat 523 mm, Cabo de San Antonio 542 mm, Alger 672 mm, Tánger 887 mm).

Atendiendo a las condiciones termoclimáticas, se pueden reconocer, en el área estudiada, los siguientes pisos bioclimáticos: Infra-termomediterráneo, Infra-termocanario y colino.

Entendemos como pisos bioclimáticos los espacios delimitados por ciertos intervalos termoclimáticos, los cuales presentan una estrecha correlación con la sucesión altitudinal o latitudinal de la vegetación.

En Europa y Norte de Africa, de acuerdo con Rivas Martínez (1987), se pueden reconocer los siguientes pisos bioclimáticos:

Región Eurosiberiana

Alpino: T < 3°, m < - 8°,M < 0°, It < - 50.

Subalpino: T 3° a 6°, m - 8° a - 4°, M 0° a 3°, It - 50 a 50.

Montano: T 6° a 10°, m - 4° a 0°, M 3° a 8°, It 50 a 180.

Colino: T 10°a 14°, m 0°a 5°, M 8°a 13°, It 180 a 320.

Termocolino: T > 14°, m > 5°, M > 13°, It > 320.

Región Mediterránea

Crioromediterráneo: T < 4°, m < - 7°, M < 0°, It < - 30.

Oromediterráneo: T 4° a 8°, m - 7° a - 4°, M 0° a 2°, It - 30 a 60.

Supramediterráneo: T 8° a 13°, m - 4° a - 1°, M 2° a 9°, It 60 a 210.

Mesomediterráneo: T 13° a 17°, m - 1° a 4°, M 9° a 14°, It 210 a 350.

Termomediterráneo: T 17° a 19°, m 4° a 10°, M 14° a 18°, It 350 a 470.

Inframediterráneo: T > 19°, m > 10°, M > 18°, It > 450 (SW de Marruecos).

Región Macaronésica

Orocanario: T < 6°, m < - 1°, M < 4°, It < 90.

Supracanario: T 6° a 11°, m - 1° a 2°, M 4° a 9°, It 90 a 220.

Mesocanario: T 11° a 15°, m 2° a 6°, M 9° a 13°, It 220 a 340.

Termocanario: T 15° a 19°, m 6° a 11°, M 13° a 18°, It 340 a 480.

Infracanario: T > 19°, m > 11°, M > 18°, It > 480.

T: temperatura media anual; M: temperatura media de las máximas del mes más frio; m: temperatura media de las mínimas del mes más frio ; It (Indice de termicidad)=(T+M+m) 10

Desde el punto de vista ombroclimático, se dan todos los tipos de ombroclimas posibles, aúnque desigualmente repartidos en las tres regiones corológicas. Así, en la Región Mediterránea y Macaronésica, se han estudiado localidades con ombroclima de árido a subhúmedo, mientras que en la Región Eurosiberiana solamente subhúmedo (húmedo ?).

El ombroclima es la parte del clima que se refiere a las lluvias o precipitaciones. Atendiendo a la cantidad de lluvia que cae en Europa y Norte de Africa se pueden distinguir los siguientes tipos de ombroclima (Rivas Martínez 1987):

Región Eurosiberiana			
Subhúmedo	P	500- 900	mm
Húmedo	P	900-1.400	mm
Hiperhúmedo	P <	1.400	mm
Región Mediterránea			
Arido	P <	200	mm
Semiárido	P	200- 350	mm
Seco	P	350- 600	mm
Subhúmedo	P	600-1.000	mm
Húmedo	P	1.000-1.600	mm
Hiperhúmedo	P	1.600	mm
Región Macaronésica			
Arido	P <	200	mm
Semiárido	P	200- 350	mm
Seco	P	350- 550	mm
Subhúmedo	P	550- 850	mm
Húmedo	P	850	mm

p: precipitación media anual

Cada uno de estos tipos puede proporcionalmente dividirse en subtipos o niveles: superior, medio e inferior.

En la tabla 1 se indica, para cada localidad representada en el mapa de la Fig. 1, la altitud, substrato, vegetación potencial, piso bioclimático y ombroclima.

METODOLOGIA

La descripción de las comunidades ombrófobas litorales que acometemos en este trabajo, se basa en la bibliografía consultada y en los datos de unos 117 inventarios tomados con la metodología sigmatista, adaptada por Klement (1955) y ampliamente comentada en un trabajo anterior (Egea et Llimona 1987). La recolección de ejemplares de las áreas inventariadas, se ha realizado

siguiendo el método de "prélèvement" parcial, puesto a punto por Clauzade et Roux (1975) y discutido posteriormente por Roux (1981). En el cálculo de los parámetros sintéticos se han utilizado los índices propuestos por Boudouresque (1970, 1971) aplicados y descritos por Clauzade et Roux (1975), Roux (1978), Casares et Llimona (1986), Egea et Llimona (1987).

La presentación de los resultados obtenidos se inicia con un apartado dedicado a *Discusión florística*, donde se incluyen todos los taxones citados en este estudio, ordenados según el siguiente esquema:

1.) Características de unidades sintaxonómicas. Se incluyen, por orden alfabético, todas las especies que se encuentran de forma prácticamente exclusiva o presentan un claro óptimo en cada una de las unidades sintaxonómicas estudiadas.

2.) Transgresivas. Especies características de sintaxones no incluidos dentro de la clase *Roccelletea phycopsis*. Son interesantes por su valor indicador de las afinidades ecológicas con otras asociaciones, alianzas, etc. próximas. En ciertos casos se encuentran bien representadas en nuestras unidades, por lo que pueden utilizarse como diferenciales frente a otras unidades sintaxonómicas.

3.) Acompañantes. Especies en gran parte nitrófilas o de ecología poco conocida, no caracterizadas desde el punto de vista sintaxonómico.

Para la identificación de especies, nomenclatura taxonómica, distribución y discusión, se han seguido las siguientes obras generales o específicas: Clauzade et Roux (1985), Egea et Llimona (1981), Hawksworth et al. (1980), Klement (1965), Krog et 0sthagen (1980), Mayrhofer (1984), Nimis et Poelt (1987), Ozenda et Clauzade (1970), Pentecost et Coppins (1983), Poelt (1969), Poelt et Vezda (1977, 1981), Santesson (1984), Tavares (1952), Tehler (1983), Torrente et Egea (1989), Wirth (1980). Además, se han tenido en cuenta trabajos más puntuales, que se indican en cada caso. Sólo se incluyen los sinónimos propuestos recientemente y aquellos cuyo nombre se haya utilizado como carecterística de alguno de los sintáxones incluidos en el esquema que proponemos. Para algunas especies ampliamente representadas en las comunidades ombrófobas de la zona estudiada, se ha realizado un mapa con su distribución conocida en Europa y Norte de Africa. El material recolectado ha quedado depositado en el herbario MUB.

En la *Discusión sintaxonómica*, presentamos primero el esquema sintaxonómico elaborado. Se acompaña con una breve diagnosis y se mencionan las características de cada una de las unidades. A continuación se expone el catálogo descriptivo de las comunidades observadas, donde se incluyen, de forma general, los siguientes apartados:

1.) Ecología y distribución: Se indica el comportamiento de cada sintaxon en su medio natural y el áera de distribución actualmente conocida. Se basa tanto en los datos procedentes de nuestras propias observaciones, como en los obtenidos de la bibliografía.

2.) Composición florística: En este apartado se hace un comentario sobre la presencia y recubrimiento medio de las especies consideradas como característica de asociación o de unidades superiores, así como de las especies transgresivas y acompañantes.

3.) Observaciones: Aquí se consignan todos los aspectos que hemos considerado de interés desde el punto de vista nomenclatural y sintaxonómico. En algunos casos, se comenta la relación con otras unidades y se discuten ciertas referencias bibliográficas.

4.) Tablas de inventarios y parámetros sintéticos: En el cálculo de éstos no se ha tenido en cuenta las especies que figuran al final de la tabla como presentes en un inventario. Para la nomenclatura fitosociológica, hemos intentado adaptarnos en todo momento, a las normas del código de nomenclatura fitosociológica (Barkman et al. 1986).

Tras las conclusiones de este estudio y la bibliografía, se añade un apéndice, con una matriz de presencia y recubrimiento de todas las especies que se encuentran en cada una de las unidades fitosociológicas operativas consideradas.

DISCUSION FLORISTICA

Características de unidades sintaxonómicas

Arthonia endlicheri (Garov.) Oxner

Sin.: *A. lobata* (Flot.) Massal.

Taxon de distribución centroeuropea mediterránea. James et al. (1977), la citan entre las especies más comunes de la asociación *Sclerophytetum circumscriptae*, en las Islas Británicas. Nosotros no la hemos encontrado ni en la Penísula Ibérica ni en el Norte de Africa.

Arthonia meridionalis Zahlbr.

Conocido de diversos puntos de la Región Mediterránea (Grecia, Yugoslavia, Córcega, Cerdeña, SE de España, Portugal, Marruecos, Argelia, fig. 6). Llega al Cantábrico, donde convive con *Dirina massiliensis, D. massiliensis* f. *sorediata* y *Lecanactis grumulosa* var. *grumulosa* (Renobales 1987). Car. poblac. de *Opegrapha durieui.*

Bactrospora patellarioides (Nyl.) Almqu.

Sin.: *Lecanactis patellarioides* (Nyl.) Vain.

Elemento de óptimo en la Region Mediterránea y Macaronésica, llega de forma puntual al litoral de la Región Eurosiberiana. Se encuentra también en zonas tropicales y subtropicales (Lettau 1932). Corticícola y saxícola, se instala sobre árboles y arbustos viejos; con menor frecuencia coloniza las paredes superverticales y lugares poco iluminados de rocas ácidas. En el piso termomediterráneo, tiene su óptimo en enclaves de ombroclima semiárido a subhúmedo (Crespo et Bueno 1984). La Dra. Crespo (Madrid), propuso, en las I Jornadas de Fitosociología celebradas en Madrid en 1981, la alianza

Lecanactidion patellarioides para incluir las comunidades ombrófobas epífitas del litoral maditerráneo. Los resultados de su estudio, según nuestros datos, no llegaron a ser publicados. De acuerdo con la Dra. Crespo, este elemento tiene su óptimo en dichas comunidades (mediterráneas y macaronésicas). Sin embargo, su presencia, a veces elevada, en las asociaciones ombrófobas de rocas ácidas, nos lleva a considerarla como un buen elemento de la clase *Roccelletea phycopsis*.

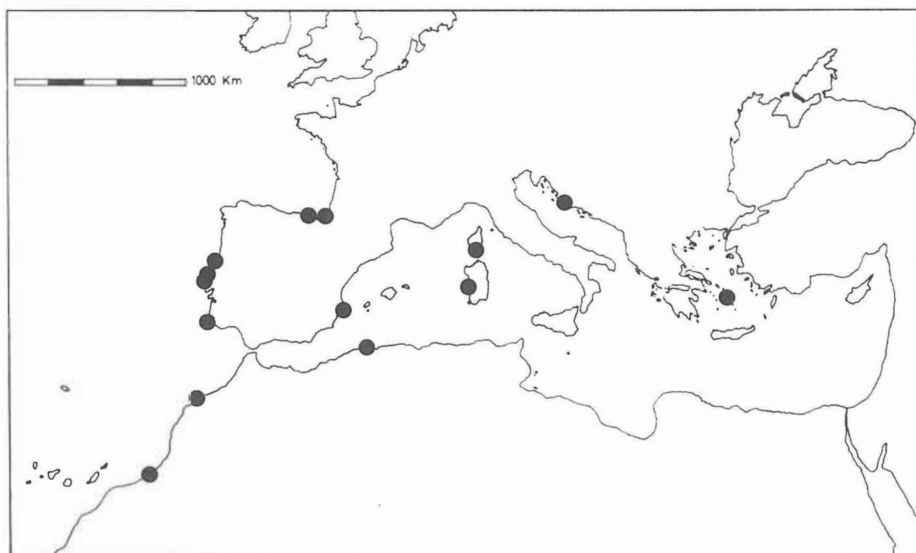


Fig. 6. Distribución conocida de: *Arthonia meridionalis*.

Chiodecton myrticola Fée

Taxon de óptimo en el litoral oeste de Europa y Región Macaronésica. Se instala preferentemente en árboles y arbustos viejos, en lugares con microclima húmedo y umbrío. Como saxícola, (variedad *albidum*, en el sentido de Clauzade et Roux 1985), conocido solamente de, Irlanda, SW de Inglaterra, Islas del Canal, Portugal, Menorca (Baleares) y Túnez. James et al. (1977) incluyen este taxon en la descripción de la asociación *Sclerophytetum circumscriptae*.Su mayor preferencia por substratos leñosos y su presencia en las comunidades ombrófobas saxícolas, nos lleva a situarlo dentro de la clase *Roccelletea phycopsis*.

Chiodecton petraeum Del. ex Duby.

Conocido de Portugal y Francia (Normandía), sobre rocas ácidas. Se encuentra bien representada en el inventario tipo de la asociación *Sclerophytetum circumscriptae* (James et

al 1977), descrita para las Islas Británicas. En base a su distribución y apetencias ecológicas podría ser, en nuestra opinión, la especie que mejor caracteriza dicha unidad.

Dirina immersa Müll. Arg.

Taxon conocido del litoral de la Región Mediterránea, en áreas de ombroclima árido a seco (Portugal, SE de España, Baleares, Libia, Egipto), y de la Isla de Socotra, en el mar Arábigo (Tehler 1983). Nosotros lo hemos recolectado en el SW. de Marruecos (Mihrlet) y en diversos puntos del sureste de España (Alicante, Granada, Murcia). El parecido de este taxon con talos estériles de *Dirina massiliensis,* nos ha impedido identificarlo con anterioridad. Algunos de los inventarios presentados por Egea et Llimona (1984, tab.1), tomados del Cabezo de la Fuente (Murcia) y Peñón de Ifach (Alicante), llevaban *D. immersa,* como se ha comprobado posteriormente. Car. asoc. *Dirinetum repandae.*

Dirina insulana (C. Tavares) Tehler

Sin.: *Enterographa insulana* C. Tavares

Conocida anteriormente de las islas de: Madeira, Ascensión (Tehler 1983, 1985), Berlengas (Tavares 1955, sub E. insulana), Salvajes (Sánchez-Pinto 1978, sub E. insulana) y Azores (Aptroot 1989). Nosotros hemos detectado su presencia en el Cabo de Roca (Portugal), Sidi Ifni (Marruecos), Tenerife (Canarias) e Isla de Ons (España). Puede confundirse, en el campo, con talos estériles provistos de picnidios de *D. paradoxa* subsp. *africana*. Car.asoc. *Lecanactino - Dirinetum insulanae.*

Dirina insulana f. **sorediata** Tehler

Presenta la misma ecología y distribución que la especie tipo. Car. asoc. *Lecanactino - Dirinetum insulanae.*

Dirina massiliensis Durieu et Mont. f. **massiliensis**

Sin.: *Dirina repanda* auct.

Ampliamente extendida en el litoral de la Región Mediterránea; penetra en puntos térmicos del litoral de la Región Eurosiberiana, donde llega hasta la isla Götland, en Suecia. No se conocen citas de este taxon de la Región Macaronésica. No obstante, Follmann (com. litt.) la ha observado en distintos puntos de Cabo Verde. Saxícola. Según Tehler (1983), coloniza tanto los substratos ácidos como básicos. En la Península Ibérica y Norte de Africa todo el material recolectado, próximo a *Dirina massiliensis,* sobre rocas ácidas (silíceas o volcánicas) corresponde, por sus esporas grandes (22-32 x 4`5-6`5 m), a *D. paradoxa* subsp. *africana*. Tan solo los ejemplares procedentes de la Sierra del Cabo de Palos (Murcia, SE de España), recolectados sobre rocas silíceas, presentan esporas semejantes a las descritas para *D. massiliensis*. Aún en este caso, hay claras diferencias morfológicas, como grosor del talo y color, que hacen pensar en un taxon distinto, por lo menos a nivel infraespecífico. En base a estas observaciones podemos concluir que *D. massiliensis* muestra una clara preferencia por los substratos básicos. Clauzade et Roux (1975) incluyen este taxon entre las características de la asociación *Dirinetum repandae*. No obstante, su elevada presencia y recubrimiento en las comunidades de *Opegrapha durieui,* su amplia distribución en el litoral de la Región Mediterránea y su clara preferencia por sustratos básicos, nos llevan a situarlo entre las características del orden *Dirinetalia massiliensis.*

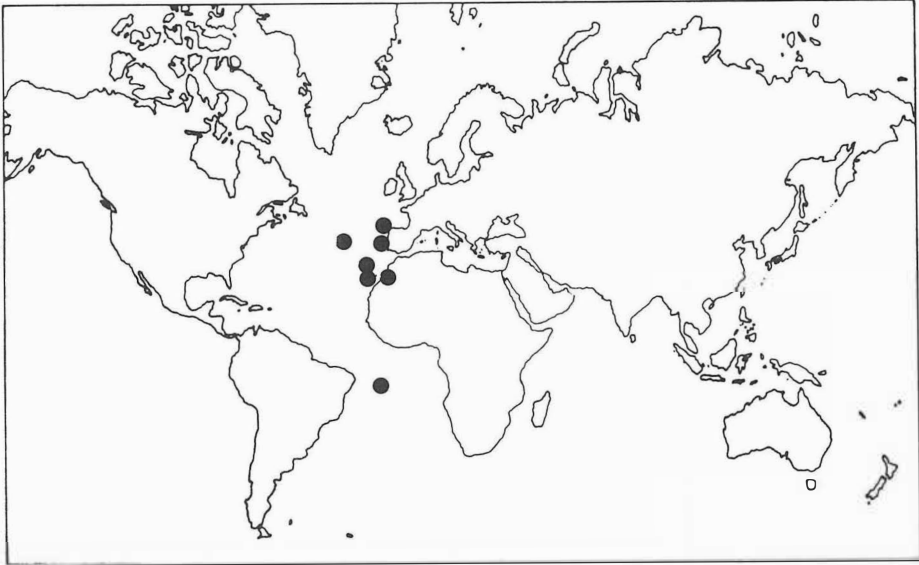


Fig. 7. Distribución conocida de: *Dirina insulana*.

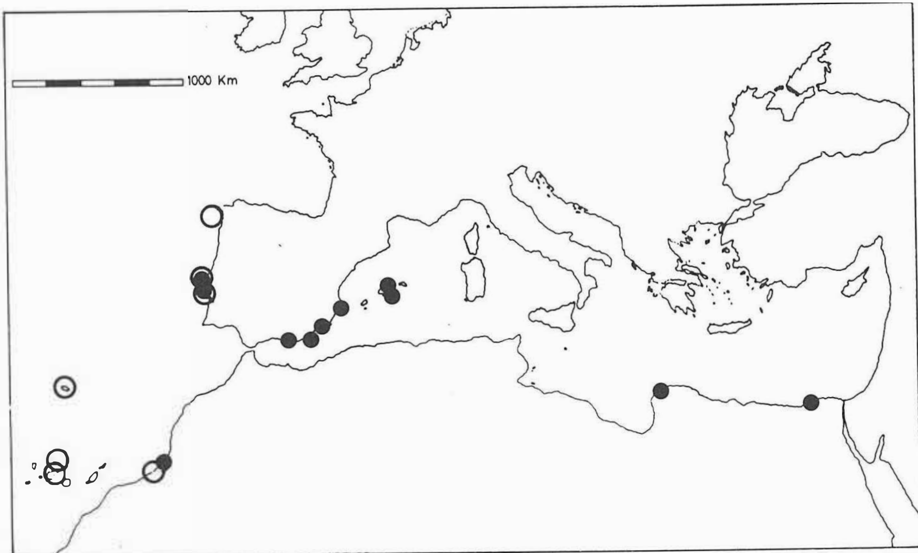


Fig. 8. Distribución en Europa y Norte de Africa de : *Dirina immersa*
Dirina insulana

Fig. 9. Distribución conocida de: *Dirina paradoxa* subsp. *africana*

Fig. 10. Distribución en Europa y Norte de Africa de: *Dirina paradoxa* subsp. *africana.*

Dirina massiliensis Durieu et Mont. f. **sorediata** Tehler

Incl.: *Dirina stenhammari* (Fr.) Poelt et Follmann.

Se encuentra en el litoral de las Regiones Mediterránea, Macaronésica y Eurosiberiana (hasta el sur de los Paises Escandinavos). Su área se extiende a zonas de clima oceánico de Centroeuropa y a puntos húmedos y umbríos del interior de la P. Ibérica. De todas las especies de *Dirina* conocidas, es la que más se aleja de la costa. En Tehler (1983) puede verse un mapa con la distribución conocida de este taxon.

En opinión de Nimis et Poelt (1987), se trata de un taxon probablemente no homogéneo, independizado filogenéticamente de *D. massiliensis* y que debe ser considerado con la categoría de especie con el nombre de *Dirina stenhammari* (Fr.) Poelt et Follmann. Según nuestras observaciones, y de acuerdo con Clauzade et Roux (1975) y Tehler (1983), en las poblaciones litorales, se dan formas de transición entre talos provistos de ascocarpos y talos sorediados, por lo que, en principio, seguimos el criterio de Tehler (1983) al considerarlo como una forma. Sin embargo, se nos plantean serias dudas respecto a la posición taxonómica de las poblaciones alejadas de la costa, que hace tiempo perdieron su capacidad de formar ascocarpos y que, como indican Nimis et Poelt (1987), pueden haberse independizado filogenéticamente. Considerada como característica de las asociaciones *Dirinetum stenhammari* Du Rietz 1925 y *Dirinetum repandae dirinetosum* Clauzade et Roux 1975. Su amplia distribución y su presencia, tanto en rocas ácidas como básicas, nos llevan a incluirla entre las características de clase. Tiene su óptimo ecológico en las comunidades más esciófilas.

Dirina paradoxa (Fée) Tehler subsp. **africana** (Fée) Tehler.

Sin.: *Dirina aproximata* Zahlbr. subsp. *africana* (Fée) Tehler.

Taxon de óptimo en la Región Macaronésica y Norte de Africa. Conocido anteriormente (Tehler 1983), de las Islas Canarias, Cabo Verde, Senegal y Yemen. Nosotros lo hemos recolectado en Marruecos, Argelia, Túnez y P. Ibérica, sobre rocas silíceas o volcánicas. Car. asoc. *Dirinetum africanae.*

Dirina paradoxa subsp. **africana** f. **sorediata** Egea.

Conocida hasta la fecha del SE de España y Norte de Africa (Marruecos, Argelia y Túnez). Se encuentra siempre junto a la especie tipo y presenta, en ocasiones, formas de transición entre ellas. Car. asoc. *Dirinetum africanae.*

Enterographa zaborskiana (Choisy et Werner) Egea et Torrente.

Sin.: *Schismatomma zaborskiana* Choisy et Werner.

Taxon conocido solamente de Cádiz (España), Bouznizka y Nador (Marruecos). A pesar de estar escasamente representado en nuestros inventarios, se ha considerado como característico de la asociación *Dirinetum africanae,* debido a que siempre se ha encontrado junto a *Dirina paradoxa* subsp. *africana* y, en ocasiones, junto a *Lecanactis werneri.*

Lecanactis sp.

Taxon desconocido para nosotros y probablemente nuevo. Se caracteriza por un talo bien desarrollado y, en general bien delimitado, blanquecino, granuloso, Cl-, P+ rojizo, ascocarpos semihundidos en el talo, pruinosos, esporas con 3(4) septos, de 16-21 x 4,5-6 m y conidios rectos o ligeramente curvados, 6-8 x 1 m. Se ha recolectado de la playa de Temara (Rabat, Marruecos) y de Denia (Alicante, España). Car. al. *Roccellion phycopsis.*

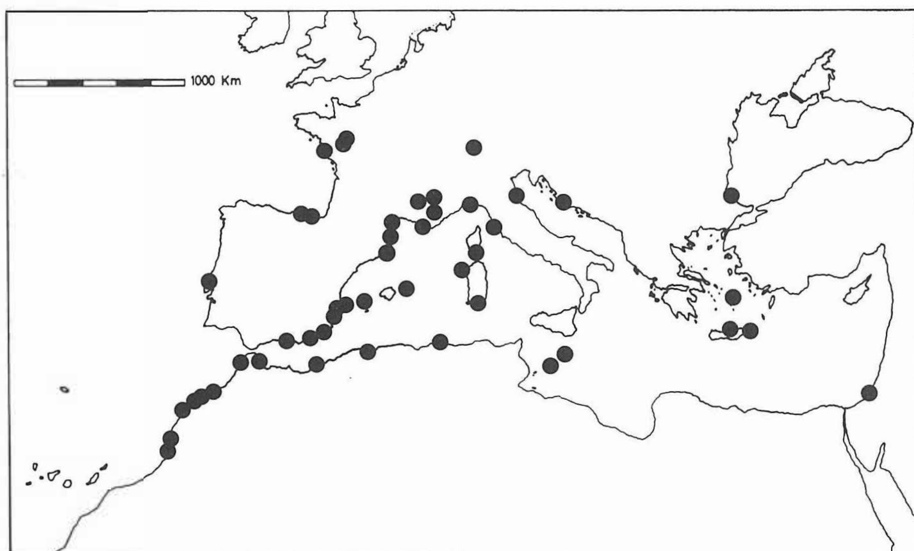


Fig. 11. Distribución conocida de : *Lecanactis grumulosa* var. *grumulosa.*

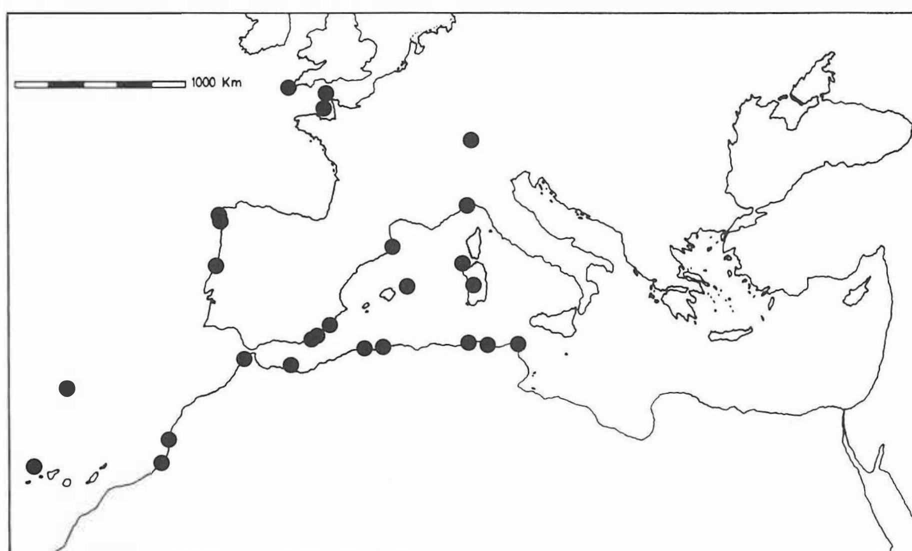


Fig. 12. Distribución conocida de : *Lecanactis grumulosa* var. *monstrosa.*

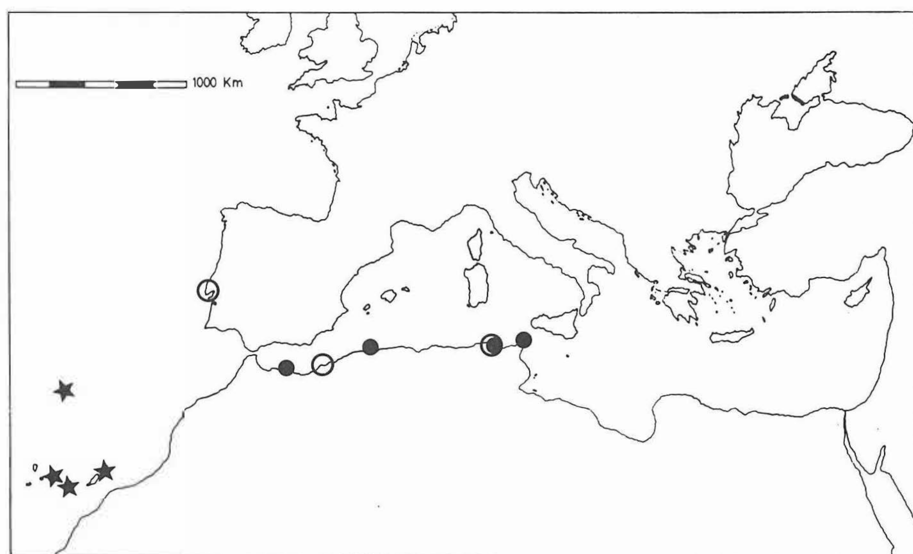


Fig. 13. Distribución conocida de: ● *Lecanactis werneri*
○ *Lecanactis* aff. *werneri* ★*Opegrapha dialeuca*

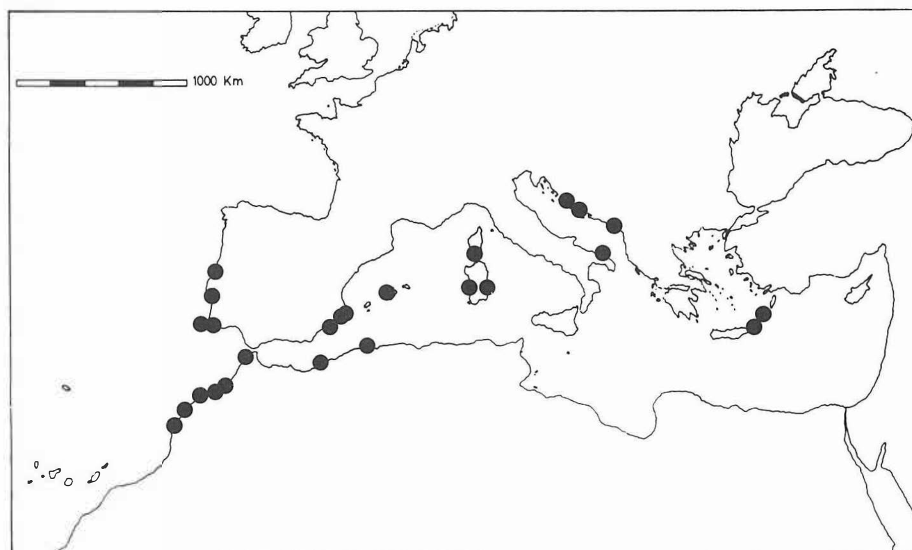


Fig. 14. Distribución conocida de: *Opegrapha durieui*

Lecanactis dilleniana (Ach.) Koerber.

Taxon de óptimo en el piso montano de la Región Eurosiberiana (Paises Escandinavos, Gran Bretaña, Centroeuropa, Cárpatos, Alpes, etc.), donde puede encontarse sobre rocas ácidas, por debajo de los 1200 msm. Wirth (1980) lo define como subneutrófilo, bastante anombrófilo y anitrófilo. Lo incluye dentro de la asociación *Opegraphetum horistico-gyrocarpae* Wirth 1969, aunque no se encuentra entre sus características o acompañantes (Wirth 1969, 1972). James et al. (1977), lo sitúan en la asociación *Sclerophytetum circumscriptae* , aunque tampoco está en la tabla de inventarios que presentan. Para Creveld (1981) es una probable característica de la asociación *Leproplaco-Chrysotrychetum* Creveld ass. prov. Nosotros no hemos encontrado este taxon, ni en la P.Ibérica ni en el norte de Africa. Por su distribución y ecología, a falta de otros datos más fiables, podría considerarse, eventualmente, como característica de algunos de los sintáxones ombrófobos de la Subregión Atlántico-Medioeuropea, a nivel de alianza (*Cistocoleion nigri, Leprarion chlorinae* ?) u orden (*Leprarietalia chlorinae* ?) y diferencial de la asociación *Sclerophytetum circumscriptae,* frente a otras comunidades de la clase *Roccelletea phycopsis.*

Lecanactis grumulosa (Duf.) Fries var. **grumulosa**

Sin.: *Opegapha grumulosa* Duf.

Frecuente en el litoral de la Región Mediterránea. Llega al oeste de Francia y sur y oeste de Inglaterra. Poelt (1969) la cita como muy rara en los Alpes. Considerada como característica de la asociación *Dirinetum repandae* (Clauzade et Roux 1975, Egea et Llimona 1984). Su amplia distribución y participación en las comunidades ombrófobas de rocas calizas, nos inducen a incluirlo como un elemento de la alianza *Roccellion phycopsis.*

Lecanactis grumulosa (Duf.) Fries var. **monstrosa** (Bagl.) Egea et Torrente.

Sin.: *Lecanactis monstrosa* Bagl.

Difiere de la variedad grumulosa (Torrente et Egea 1989) por su talo delgado, bien delimitado, fisurado o fisurado areolado, de color grisaceo más o menos cremoso o parduzco y ascocarpos más redondeados, convexos y poco pruinosos. Después de estudiar un elevado número de ejemplares repartidos por todo el área de estudio, no se ha observado una variabilidad continua entre los caracteres diferenciales mencionados. Esto, unido a su preferencia por sustratos ácidos, nos obliga a mantener los dos táxones. Optimo en el litoral de la Región Mediterránea occidental y Macaronésica. Llega, por el suroeste de Europa, hasta las Islas Anglonormandas y SW de Inglaterra. Citado, de forma muy puntual, en Centroeuropa (Lettau 1932). Egea et Llimona (1984) lo incluyen entre las características de la asociación *Dirinetum schistosae.* Su amplia participación en todas las comunidades ombrófobas de rocas ácidas, situadas en lugares poco iluminados, lo convierten en uno de los elementos más representativos de la alianza *Lecanactidion monstrosae.*

Lecanactis premnea (Ach.) Arnold. var. **saxicola** (Leight.) Oliv.

Sin.: *Lecanactis plocina* auct.

Optimo en zonas de clima templado y oceánico de la Región Eurosiberiana (Islas Británicas, Alemania, Alpes, etc.), tanto en el piso colino como submontano; se extiende hasta los Cárpatos y Rumanía entre 1500 y 1600 msm (Lettau 1932). Raro en la Región Mediterránea, donde se conoce de Baleares (Maheu et Gillet 1922), Cádiz (Rowe et Egea

1986) y Tánger (Egea et Rowe 1988). Citada como característica de la asociación *Lecanactino-Dirinetum sorediatae* (Egea et Rowe 1987). Su amplia distribución nos hace pensar más en una diferencial local, que en una característica.

Lecanactis werneri (Faurel, Ozenda et Schotter) Egea et Torrente.

Sin.: *Opegrapha werneri* Faurel, Ozenda et Schotter.

Conocido del litoral mediterráneo del Norte de Africa (Nador, Argel, Tabarka y Cabo Bon). En todos los casos se ha recolectado junto a *Dirina paradoxa* subsp. *africana;* de ahí que se haya considerado como característica de la asociación *Dirinetum africanae.*

Lecanactis aff. **werneri**

Taxon próximo a *Lecanactis werneri* del que se separa por: talo Cl-,esporas más pequeñas (17-26 x 3-5 m) y con menos septos (5-7 septos). Los únicos registros que poseemos de este taxon proceden de: Madeira, Cabo de Roca (Sintra, Portugal), Los Andaluces (Orán, Argelia) y Tabarka (Túnez). Car. al. *Lecanactidion monstrosae.*

Llimonaea occulta ad interim

Taxon probablemente nuevo, aún no descrito. La anatomía del talo y ascocarpos así como los ascos, nos llevan claramente a la familia *Opegraphaceae.* El resto de caracteres como: anatomía del talo, desarrollo ontogenético del ascocarpo, tipo de ascos, ascosporas y química, no coinciden en conjunto, con ninguno de los géneros descritos incluidos en esta familia. Se caracteriza por su talo crustáceo, granuloso, blanquecino, K- y Cl+ rojo carmín. Pseudotecios hundidos en el talo, de lireliformes a redondeados. Hipotecio pardo obscuro. Esporas de 25-35 x 5-6 m, con 5-7(-8) tabiques, provistos de una gruesa vaina gelatinosa. Hasta la fecha, este taxon se ha recolectado del Cabo de Roca (Sintra, Portugal) y de la Isla de Ons (Pontevedra, España). Car. asoc. *Lecanactino-Dirinetum insulanae.*

Opegrapha caesarensis Nyl.

Optimo en rocas ácidas del litoral oeste de la Región Eurosiberiana (Islas Británicas, N y W de Alemania); por el norte se extiende hasta los paises Escandinavos (Suecia y Noruega), mientras que por el sur llega hasta Portugal. De forma muy localizada la hemos encontrado en el Norte de Africa (Orán, Argelia). Taxon pobremente representado en todas las asociaciones estudiadas (vease Apéndice) debido a que, en cierto modo, éstas están ligadas a la Región Mediterránea y Macaronésica. Es necesario un estudio detallado de las comunidades ombrófobas de la Región Eurosiberiana, para llegar a caracterizar con exactitud este taxon. De momento, lo incluimos de forma provisional en la alianza *Lecanactidion monstrosae.*

Opegrapha aff. **caesarensis**

Taxon conocido, hasta la fecha, solo de la Punta de Sagres (Algarve, Portugal) y Ericeira (Estremadura, Portugal). Se separa claramente de *O. caesarensis* por su talo grueso, pseudotecios pruinosos con el disco ancho y esporas, en general, con menos septos, más pequeñas y algo más anchas. Se ha encontrado siempre en compañía de *O. durieui*, *O. variaeformis* y *Arthonia meridionalis;* de ahí que se la haya incluido entre las características de la comunidad de *Opegrapha durieui.*

Opegrapha circumducta Nyl.

La única cita conocida de este taxon era de Madeira, en la localidad tipo (Nylander 1867). En un estudio realizado recientemente, (Torrente et Egea 1989), ampliamos su área

de distribución a puntos relativamente húmedos de Argelia (Skikda) y Túnez (Cabo Bon). Los inventarios que poseemos, donde queda registrada esta especie, proceden de Madeira donde encuentra su óptimo junto a *D. insulana*. En Argelia y Túnez se ha observado junto a *Bactrospora patellarioides, Dirina paradoxa* subsp. *africana, Lecanactis werneri* y *Sclerophyton circumscriptum*. De momento lo incluimos entre las características de la asociación *Lecanactino-Dirinetum insulanae*.

Opegrapha conferta Anzi.

Tiene su óptimo en las rocas ácidas del litoral de la Región Eurosiberiana y norte de la Región Mediterránea. De forma muy localizada llega al sur de la P. Ibérica (Torrente et Egea 1989). Citado también de Cerdeña (Nimis et Poelt 1987). Taxon pobremente representado en nuestros inventarios, debido a que todos ellos se han realizado en zonas alejadas de su óptimo de distribución. Su presencia en comunidades de las alianzas *Roccellion tinctoriae* y *Lecanactidion monstrosae* nos hacen pensar en una buena característica del orden *Roccelletalia fuciformis*.

Opegrapha dialeuca Cromb.

Sin.: *O. huneckii* Follmann et Klement.

Taxon conocido de diversos puntos de la Región Macaronésica (Cabo Verde, Lanzarote, Tenerife, Gran Canaria y Madeira). Se ha localizado siempre sobre rocas volcánicas en lugares umbríos y poco iluminados. Follmann et Klement (1969) la consideran como característica de una variante de la asociación *Roccelletum tinctoriae* integrada por *Ramalina bourgeana, R. dendriscoides, R. subdecipiens, Roccella boergesenii, R. canariensis, R. teneriffensis, R. tuberculata, Opegrapha calcarea* (= *O. chevalieri*) y *Lecanora sulphurella*. Nosotros la hemos observado en comunidades de *Dirina paradoxa* subsp. *africana* y de *D. immersa*, aunque solo ha quedado registrada en un inventario tomado de Madeira. Probable car. al. *Lecanactidion monstrosae*.

Opegrapha durieui Mont.

Conocido solamente del litoral de la Región Mediterránea (P. Ibérica, Italia, Yugoslavia, Marruecos, Argelia, Túnez, e islas del Mediterráneo). Car. comun. de *Opegrapha durieui*. En el SE de España esta especie se ve privada de sus acompañantes habituales (*Arthonia meridionalis, Opegrapha variaeformis*, etc.), observadas en el Norte de Africa y Portugal, por lo que se encuentra claramente ligada a la subasociación *Dirinetum repandae opegraphetosum*.

Opegrapha farinosa Hepp

Especie conocida con exactitud de Rumanía (Redinger 1938). Tavares (1952) la cita también de Madeira, aunque en la campaña de prospecciones realizada recientemente en dicha Isla no pudimos confirmar su presencia. Clauzade et Roux (1975) la indican de varios puntos del Sur de Francia (Vienne, Vaucluse) y la incluyen entre las características de la asociación *Dirinetum repandae*. Posteriormente (Clauzade et Roux 1985:543), en la distribución de *O. farinosa*, solo la menciona de Rumanía. Según Roux (com. pers.) el taxon recolectado en Vaucluse (S. Fracia) es en realidad *Opegrapha mougeotii*, con un talo más o menos blanquecino. Esto nos lleva a eliminarla, eventualmente, de las características de dicha asociación. Su ausencia en todas las localidades estudiadas de la Región Mediterránea occidental nos hace pensar que se trata de un taxon dudoso, que

debe ser estudiado desde el punto de vista taxonómico, para poder aclarar su posición sintaxonómica.

Opegrapha lutulenta Nyl.

Conocido solamente del litoral de la Región Mediterránea occidental y Macaronésica. Sobre rocas silíceas o volcánicas. Para la distribución de este liquen en la Región Mediterránea vease Torrente et Egea (1989). Citado anteriormente (Egea et Rowe 1987) entre las características de la al. *Roccellion phycopsis.* Debido a su preferencia por substratos ácidos, poco iluminados, su óptimo se encuentra en el seno de la alianza *Lecanactidion monstrosae.*

Opegrapha mougeotii Massal.

Taxon de distribución mal conocida, por su probable confusión con *Opegrapha variaeformis.* Según Wirth (1980) es una especie Centroeuropea-Subatlantica-Mediterránea. Se extiende hasta el sur de Suecia (Santesson 1984). Sobre rocas calizas o más raramente areniscas. Car.ord. *Dirinetalia massiliensis.*

Opegrapha subelevata (Nyl.) Nyl.

Taxon poco frecuente pero ampliamente representado en la Región Mediterránea occidental (vease mapa de distribución en Torrente et Egea 1989). Penetra de forma puntual en el litoral oeste de la Región Eurosiberiana, donde llega hasta las Islas Británicas. Recientemente se ha recolectado en Madeira, lo que representa una nueva cita para la Región Macaronésica. Tiene su óptimo en las comunidades ombrófobas, tanto de rocas ácidas como básicas; de ahí que se haya considerado como característica de clase.

Opegrapha variaeformis Anzi.

Elemento frecuente en el litoral de la Región Mediterránea occidental. Penetra, de forma puntual, en zonas bajas, de inviernos templados, del sur de Centroeuropa (Wirth 1980). Clauzade et Roux (1975) la citan, con dudas, como característica de la asociación *Placodielletum olbiensis.* Sin embargo, su presencia en esta asociación se reduce a un solo inventario, (tomado en una pared vertical muy umbría en el Macizo de Siou Blanc, Var, Francia), en una tabla de 20 inventarios. Nuestros ejemplares, por el contrario, tienen su óptimo en acantilados costeros y paredes verticales de lugares umbríos próximos al litoral, donde convive con *Opegrapha durieui, Arthonia meridionalis, Dirina massiliensis,* etc. Es probable que ambos táxones correspondan a dos especies distintas. En opinión de Roux (com. litt.) la verdadera naturaleza de *O. variaeformis* no será conocida hasta que el tipo sea examinado. Car.ord. *Dirinetalia massiliensis.*

Ramalina decipiens Mont.

Taxon de distribución macaronésica. Se encuentra en todo el archipiélago canario, entre 90-1200 msm, con un óptimo entre 400 y 900 msm, orientados al norte (Krog et Osthagen 1980). Conocido también de las Azores (Tavares 1952). Klement (1965) presenta esta especie como característica de la asociación *Roccelletum tinctoriae,* mientras que Follmann (1976) considera que forma parte de la asociación *Ramalinetum bourgeanae,* dentro de la alianza *Roccellion tinctoriae.* De acuerdo con Llimona (com. litt.), el óptimo de las distintas especies del género *Ramalina* que pueblan las rocas ácidas, se encuentra en lugares claramente expuestos a la acción directa de las lluvias. Si penetran en las comunidades ombrófobas, es porque localmente hay una gran influencia de las nieblas, que le permiten independizarse de las lluvias. Por tanto, pensamos que son necesarias

nuevas investigaciones en la Región Macaronésica, antes de poder definir exactamente la posición sintaxonómica de este taxon.

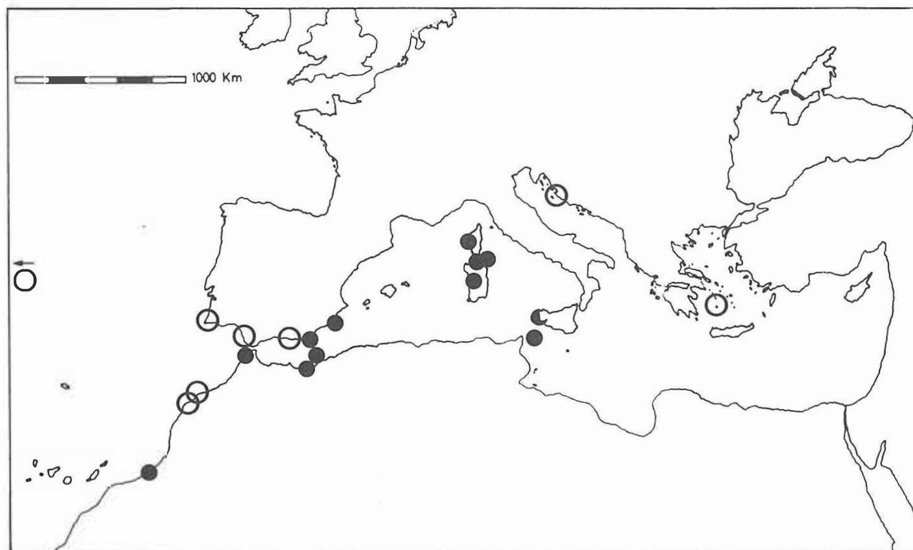


Fig. 15. Distribución conocida de: ● *Ramalina tingitana*
O *Roccella arnoldii*.

Ramalina tingitana Salzm.

Taxon conocido solamente de algunos puntos del litoral de la Región Mediterránea (SE de España, Córcega, Cerdeña, Sicilia... Fig.15). Citado como característica de la subasociación *Dirinetum africanae roccelletosum vicentinae* (Egea et Llimona 1984) y de la subasociación *Pertusarietum teneriffensis ramalinetosum tingitanae* (Llimona et Egea, en prensa).

Roccella arnoldii Vain.

Clauzade et Roux (1985) citan este taxon del oeste y sur de la Región Mediterránea. No obstante, se trata de un taxon bastante raro conocido de: Canarias (Hernández Padrón et al. 1987),Azores (Tavares 1941), Safi y Oualidia (Gattefosée et Werner 1932), Dalmacia (Zahlbruckner 1910), Granada (Casares 1984) y Cádiz (Rowe et Egea 1986). Car subas. *Dirinetum repandae roccelletosum* (Casares 1984).

Roccella boergesenii Vain.

Conocido de Canarias, Salvajes, Azores y Portugal. Nosotros no hemos detectado su presencia en ninguna de las áreas estudiadas. En opinión de Follmann (com. litt.) este taxon es sinónimo de *Roccella vicentina*. Citado como característica de la asociación *Roccelletum tinctoriae* (Klement 1965).

Roccella canariensis Darb. em Vain.

Taxon de óptimo en la Región Macaronésica (Cabo Verde, Canarias, Salvajes y Madeira). Se encuentra en algunos puntos del oeste de la Región Mediterránea (Portugal, Marruecos y Argelia). Car. asoc. *Roccelletum tinctoriae*.

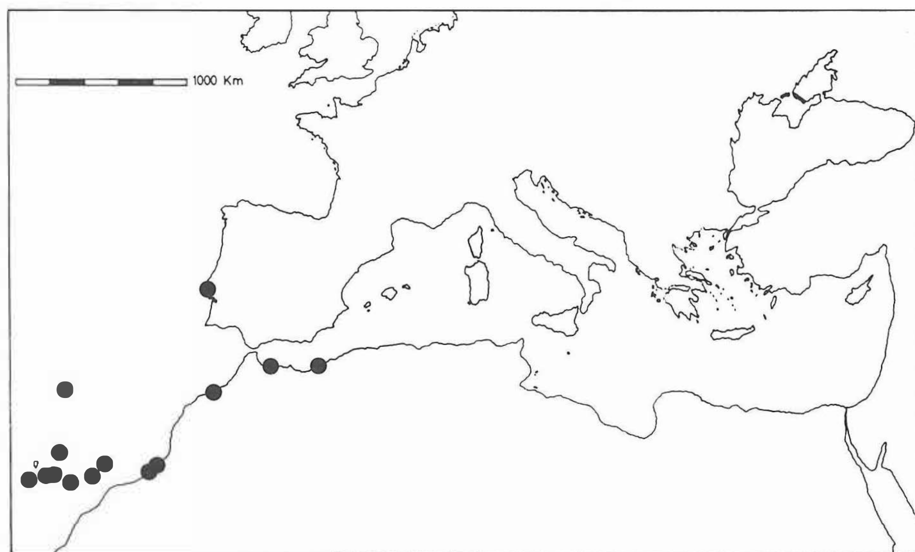


Fig. 16. Distribución conocida de: *Roccella canariensis*.

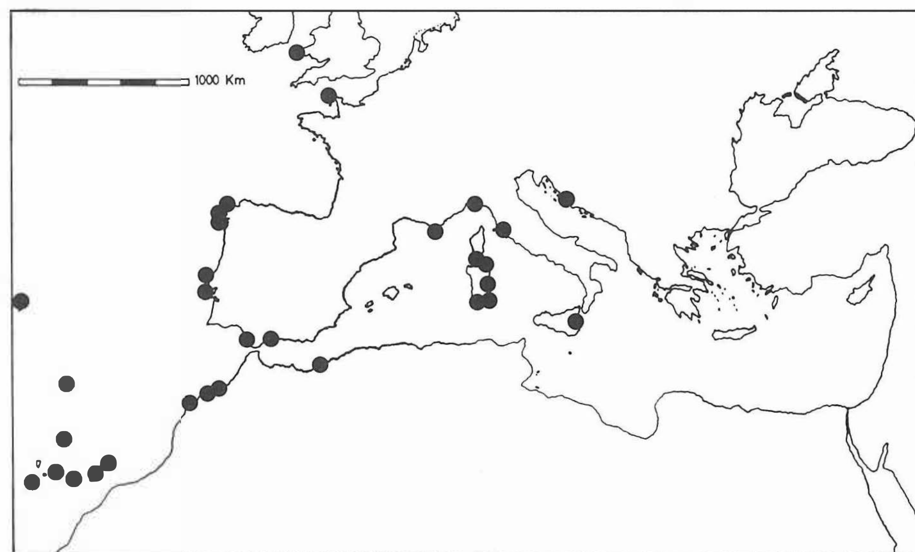


Fig. 17. Distribución conocida de: *Roccella fuciformis*.

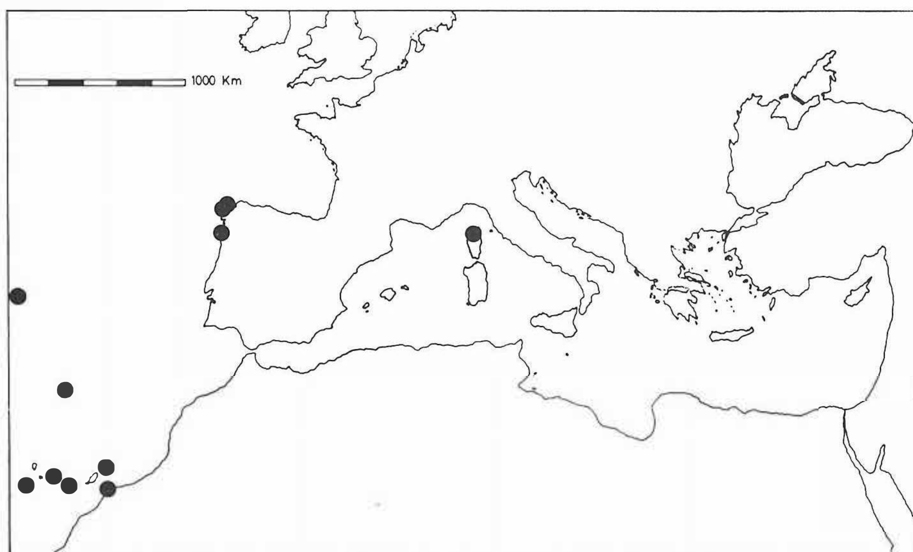


Fig. 18. Distribución conocida de: *Roccella tuberculata*.

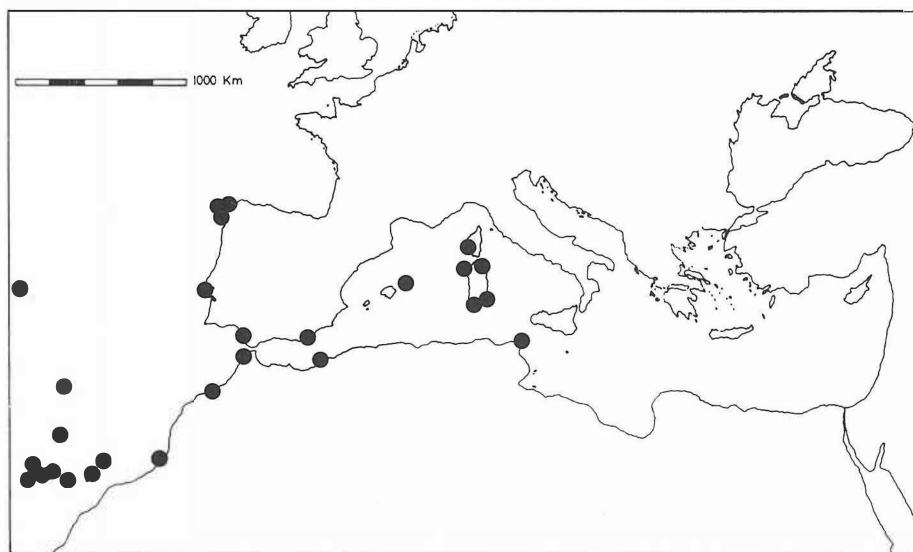


Fig. 19. Distribución conocida de: *Roccella vicentina*.

Roccella fuciformis (L.) DC.

Frecuente en la Región Macaronésica y litoral atlántico de la Región Mediterránea, desde donde se extiende hasta las Islas Británicas. En el litoral mediterráneo se localiza en puntos aislados del SE de España, Córcega, Cerdeña, Italia, etc., donde la humedad atmosférica es excepcionalmente elevada. Conocido también de California (Fink 1935). No obstante, esta cita es bastante dudosa, ya que su presencia no se ha confirmado posteriormente (Follmann, com. litt.). Klement (1965) considera este taxon como característico de la asociación *Roccelletum tinctoriae*. Su amplia distribución, así como su presencia en otras comunidades de rocas ácidas, nos lleva a incluirlo dentro del orden *Roccelletalia fuciformis*.

Roccella maderensis (J. Steiner) Follmann

Conocido de Azores, Madeira y sur de Portugal, donde llega hasta el Cabo de Roca. Rondon (1972), lo cita de la Isla de Port-Cros (Francia). Este dato no es recogido posteriormente por Clauzade et Roux (1985), por lo que dudamos de su presencia en el litoral mediterráneo. Car. asoc. *Roccelletum tinctoriae* (Klement 1965).

Roccella phycopsis (Ach.) Ach.

Sin.: *Roccella fucoides* (Dicks.) Vain.

Taxon ampliamente extendido en las costas macaronésicas,mediterráneas y eurosiberianas, donde llega hasta el sur de los paises Escandinavos. Su área se extiende a unos pocos enclaves en el oeste y sur de Africa. Las citas de este taxon en América de Norte y en zonas tropicales o subtropicales no se han confirmado posteriormente (Follmann, com. litt.). Se instala preferentemente en comunidades saxícolas ombrófobas. Localmente, puede encontrarse como epífito. Tiene su óptimo en paredes umbrías más o menos verticales e iluminadas y es menos frecuente en condiciones esciófilas. En ocasiones puede alejarse del litoral unos 10-50 Km, pero siempre está ligada a condiciones de humedad atmosférica localmente elevada. Considerada anteriormente como característica de la alianza *Roccellion phycopsis* (Egea et Llimona 1984). Su amplia distribución y su presencia, generalmente elevada en todas las comunidades ombrófobas estudiadas, nos han llevado a utilizarla para caracterizar y dar nombre a la clase que aquí proponemos, de forma provisional.

Roccella teneriffensis Vain.

Endémico de Tenerife (Canarias). Probablemente corresponde a un morfotipo de *R. fuciformis*, sin valor taxonómico. Car. asoc. *Roccelletum tinctoriae* (Klement 1965).

Roccella tinctoria DC.

Ozenda et Clauzade (1970) mencionan este taxon de Europa occidental y meridional, Región Mediterránea, Africa central y austral y América del Norte. Se nos muestra, por tanto, como una especie de distribución prácticamente cosmopolita o subcosmopolita. Sin embargo, es muy probable que se haya confundido frecuentemente con otros táxones próximos. Nimis et Poelt (1987) indican como incorrecta la identificación de *Roccella tinctoria* en Cerdeña. Por otro lado, todo el material recolectado por nosotros de la P. Ibérica y Norte de Africa que podría aproximarse a este taxon, lo hemos incluido dentro del concepto de *R. canariensis*, debido a la reacción negativa del córtex. Este hecho nos hace pensar en una especie de distribución mucho más reducida, cuya presencia en Europa y Norte de Africa es, por lo menos, dudosa. En este sentido, el

estudio que realiza el equipo del Prof. Follmann (Köln) sobre el género *Roccella* podrá solucionar el problema que tenemos planteado sobre su delimitación y distribución. Considerada como característica de la asociación *Roccelletum tinctoriae* (Klement 1965, Follmann 1976). De confirmarse una área tan amplia como la indicada anteriormente, habría que incluirlo entre las características de orden o clase. Por el contrario, si se llega a la conclusión de que no está presente en Europa occidental y norte de Africa, hecho que creemos bastante probable, habría que excluirla de la clase *Roccelletea phycopsis* y por tanto sería necesario corregir el nombre de la asociación *Roccelletum tinctoriae* (Art. 43).

Roccella tuberculata Vain.

Taxon poco frecuente, aunque con una distribución relativamente amplia. Optimo en la Región Macaronésica (Cabo Verde, Canarias, Madeira). Llega a las costas de Portugal y Galicia. Citado localmente de Córcega (Werner et Deschatres 1970). Su presencia en algunos puntos de la Región Mediterránea y Eurosiberiana nos han llevado a situarla entre las características del orden *Roccelletalia fuciformis*. Anteriormente incluida dentro de la asociación *Roccelletum tinctoriae* (Klement 1965).

Roccella vicentina (Vain.) Follmann

Taxon de óptimo en la Región Macaronésica y litoral del Norte de Africa (desde Sidi Ifni en Marruecos, hasta el Cabo Bon en Túnez). Alcanza las costas gallegas (Bahillo et al. 1987) a través del litoral de Portugal. Se encuentra también en el SE de España, donde localmente es muy abundante, así como en Menorca, Córcega y Cerdeña. Fue incluida entre las características de la asociación *Roccelletum tinctoriae* (Klement 1965). Su presencia en las comunidades ombrófobas mediterráneas de rocas ácidas, nos hacen situarla dentro del orden *Roccelletalia fuciformis*.

Schismatomma hafellneri Egea et Torrente

Taxon propuesto como nuevo en un estudio realizado recientemente sobre la familia *Opegraphaceae* en la P. Ibérica y Norte de Africa (Torrente et Egea 1989). Se separa de *S. abietinum* (Humb.) Massal. por sus esporas más largas y anchas, por el tamaño del hipotecio y por los conidios, que son curvados. De *Lecanactis abietina* (Ach.) Körber se separa por el tamaño del hipotecio, esporas y conidios. El hábito saxícola lo diferencia también de ambos táxones. Citado anteriormente de Cádiz (Rowe et Egea 1986 sub. *Lecanactis abietina*; Egea et Rowe 1987 sub. *Schismatomma abietinum*) y Canarias (Egea et al. 1987 sub. *Lecanactis abietina*). Esta especie, considerada como diferencial de la asociación *Lecanactino-Dirinetum sorediatae* (Egea et Rowe 1987), pasa a ser su mejor característica.

Sclerophyton circumscriptum (Tayl.) Zahlbr.

Optimo en el litoral atlántico del oeste y sur de Europa (desde Portugal hasta Polonia) y Región Macaronésica (Canarias, Salvajes, Madeira y Azores). Se encuentra también en Marruecos (Sidi Ifni), SE de España (Almería), Córcega, Yugoslavia (Dalmacia) y Túnez (Tabarka), ligado siempre a condiciones de humedad atmosférica localmente elevada. Esta especie fue utilizada (James et al. 1977) para caracterizar y dar nombre a la asociación *Sclerophytetum circumscriptae*, conocida de las Islas Británicas y norte de la P. Ibérica. Su presencia en comunidades de rocas ácidas de la Región Macaronésica y Mediterránea, nos lleva a considerarla como característica de la alianza *Lecanactidion*.

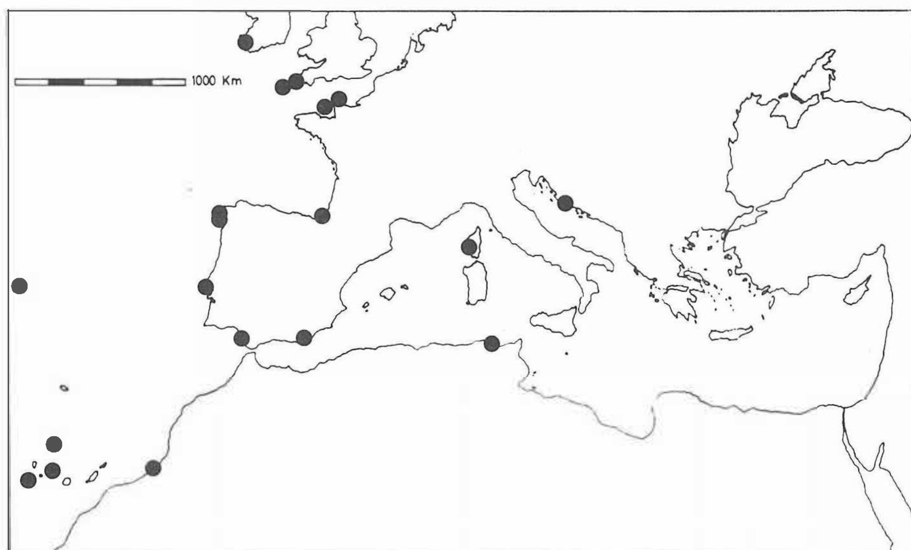


Fig. 20. Distribución conocida en Europa meridional y Norte de Africa de: *Sclerophyton circumscriptum*.

Thelopsis isiaca Stizemb.

Frecuente en el litoral de la Subregión Mediterránea Occidental (P. Ibérica, S. de Francia, Mallorca, norte de Africa) y en la Región Macaronésica (Canarias, Madeira, Salvajes). Conocido también de Egipto y California. En nuestro área de estudio se ha encontrado, en repetidas ocasiones, como saxícola, formando parte tanto de las comunidades ombrófobas de rocas ácidas como básicas. Característica de la clase.

Transgresivas.

Acrocordia conoidea (Fr.) Körber

Ampliamente extendido en Europa. Sobre calizas compactas y areniscas, en lugares no soleados, más o menos esciófila. Car. al. prov. *Acrocordion conoideae* Roux 78. De forma excepcional, se encuentra en la subasociación *Dirinetum repandae dirinetosum stenhammari* (Clauzade et Roux 1975).

Anaptychia runcinata (With.) Laund.

Sin.: *Anaptychia fusca* (Huds.) Vain.

Frecuente en el litoral Atlántico, desde Noruega hasta Portugal. Llega hasta las Islas Canarias y se conoce de algunos puntos de la mitad septentrional de la Región Mediterránea, (Cataluña, Francia, Italia, Cerdeña). Sobre rocas ácidas. Car. asoc. *Ramalinetum scopularis* (Klement 1955). Se encuentra en las poblaciones de *Roccella* y *Ramalina incrassata* (Massé 1966). En el Cabo de Creus (Barcelona) es frecuente en las comunidades de *Pertusaria monogona* (Llimona com. litt.).

Aspicilia calcarea (L.) Mudd.

Taxon ampliamente citado en Europa y Norte de Africa. No obstante, su distribución en Centroeuropa es pobremente conocida (Nimis et Poelt 1987). Sobre rocas calizas, en superficies horizontales, poco inclinadas y soleadas. Car. al. *Aspicilion calcareae* Albertson 1946 ex Roux 1978. Su presencia en las comunidades ombrófobas es excepcional.

Buellia dispersa (Massal.) Massal.

Sin: *Buellia tergestina* Steiner et Zahlbr.

Elemento mediterráneo. Acidófilo o neutrófilo, ombrófilo, heliófilo, termófilo. Car.al. *Caloplacion irrubescentis* (Egea et Llimona 1987). Su presencia en las comunidades ombrófobas es excepcional.

Buellia fimbriata (Tuck.) Sheard

Sin: *Buellia cerussata* Llimona et Werner

Conocido de la Región Mediterránea (P. Ibérica, Francia, Italia, Grecia y Marruecos) y Región Macaronésica. Car. al. *Dimelaenion radiatae*. Tolera bien la sombra, por lo que aparece con relativa frecuencia en comunidades de las alianzas *Lecanorion montagnei* y *Lecanactidion monstrosae* (Egea et Llimona 1987). Egea et Llimona (1984) la incluyen como un buen elemento de la subasociación *Dirinetum schistosae roccelletosum vicentinae*, por su elevada presencia y recubrimiento en esta subasociación.

Buellia saxorum Massal.

Según Clauzade et Roux (1985) se trata de una especie ampliamente extendida y frecuente, excepto en alta montaña. En nuestra zona de estudio sólo la conocemos de Cádiz (España), donde se instala preferentemente en superficies verticales o superverticales, con orientación N o NW, en ambientes cerrados y al amparo de la luz directa, (Rowe et Egea 1987). Se encuentra con relativa frecuencia en la asociación *Lecanactino saxicolae- Dirinetum sorediatae*, por lo que podemos considerarla como una buena diferencial de la asociación, frente a otras comunidades ombrófobas.

Buellia subdisciformis (Leight.) Vain.

Ampliamente extendido en el sur y oeste de Europa, cerca de las costas (Scheidegger in Nimis et Poelt 1987). Car. subord. *Pertusarienalia leucosorae* (Egea et Llimona 1987). Su presencia puede ser elevada en la asociación *Lecanactino plocinae-Dirinetum sorediatae* y en la población de *Roccella* y *Ramalina incrassata*. Sin embargo, su recubrimiento es siempre bajo.

Caloplaca biatorina (Massal.) Steiner var. **gyalolechioides** Clauzade et Roux

Elemento mediterráneo. Se instala en paredes más o menos verticales o superverticales de calizas compactas, protegidas de la insolación y en muchos casos de la lluvia. Para su desarrollo necesita de ciertos aportes de nitratos. Car. asoc. *Caloplacetum gyalolechioidis* Clauzade et Roux 1975. Sus requerimientos ecológicos le permiten penetrar con facilidad en la subasociación *Dirinetum repandae dirinetosum stenhammari*.

Caloplaca cirrochroa (Ach.) Th. Fr.

Ampliamente extendido en Europa. Se instala con preferencia sobre rocas calizas compactas, en paredes verticales o muy inclinadas, poco iluminadas y nitrificadas. Indiferente a la altitud. Car. asoc. *Caloplacetum cirrochroae* Poelt ex Klement 1955. Se puede

encontrar en la subasociación *Dirinetum repandae dirinetosum*, cuando la superficie de la roca recibe aportes de nitratos.

Caloplaca crenularia (With.) Laundon

Sin.: *Caloplaca festiva* (Ach.) Zw.

Taxon ampliamente extendido sobre las rocas ácidas de Europa y Norte de Africa. Car.ord. *Aspicilietalia gibbosae* (Egea et Llimona 1987). Penetra con relativa frecuencia en las comunidades de la alianza *Lecanactidion monstrosae*, pero con un recubrimiento medio bastante bajo.

Caloplaca flavescens (Huds.) Laundon

Sin.: *Caloplaca heppiana* (Müll. Arg.) Zahlbr.

Ampliamente extendido en Europa y Norte de Africa. Se instala sobre todo tipo de rocas, aunque parece que prefiere substratos básicos, nitrificados. Car. cl. *Verrucariatea nigrescentis* (Wirth 1980) y diferencial de la alianza *Caloplación irrubescentis* (Egea et Llimona 1987). Penetra de forma ocasional en comunidades de la alianza *Roccellion phycopsis*.

Caloplaca gloriae Llimona et R. G. Werner

Conocido solamente del litoral de la Región Macaronésica, SW de Marruecos, Orán (Argelia) y SE de España. Sobre rocas volcánicas ácidas, termófilo, xerófilo, ombrófilo, más o menos nitrófilo. Car. asoc. *Xanthorietum resendei* Llimona 1975. Su presencia en las comunidades ombrófobas es excepcional.

Caloplaca irrubescens (Nyl.) Zahlbr.

Elemento con óptimo en los pisos termo y mesomediterráneo, llega a zonas térmicas del piso colino. Termófilo, heliófilo, ombrófilo, nitrófilo. Prefiere substratos ácidos, aunque puede encontrarse sobre rocas neutras o básicas. Car. al. *Caloplacion irrubescentis* Llimona et Egea 1987. Su presencia en las comunidades ombrófobas es muy excepcional.

Caloplaca subochracea R. G. Werner em. Clauzade et Roux var. **subochracea**.

Elemento de óptimo termo y mesomediterráneo. Sobre calizas y dolomías duras, en superficies inclinadas o más o menos verticales, bastante iluminadas, poco o nada soleadas y no protegidas de las precipitaciones. Car. asoc. *Caloplacetum subochraceae* Clauzade et Roux ex Roux, 1978. Puede encontrarse, de forma ocasional, en la subasociación *Dirinetum repandae roccelletosum*.

Caloplaca subochracea R. G. Werner em. Clauzade et Roux var. **luteococcinea** Clauzade et Roux

Elemento de óptimo en el litoral del piso termomediterráneo. Conocido de Argelia, Marruecos, P. Ibérica, SE Francia y Cerdeña. Se encuentra ligada a las mismas condiciones ecológicas que la especie tipo. Car. asoc. *Caloplacetum subochraceae* Clauzade et Roux ex Roux 1978. En el SE de España, se observa con relativa frecuencia, en le limite externo de la subasociación *Dirinetum repandae roccelletosum*.

Caloplaca subpallida H. Magn.

De acuerdo con Nimis et Poelt (1987) la delimitación, ecología y distribución de este taxon debe ser mejor estudiada. No obstante, los ejemplares que hemos incluido bajo este nombre son ombrófilos, heliófilos y nitrófilos. Car.subord. *Parmelienalia conspersae* Llimona et Egea in Egea et Llimona 1987. Muy raro en las comunidades ombrófobas litorales.

Caloplaca velana (Massal.) Du Rietz var. **schaereri** (Flörke) Clauzade et Roux

Sin.: *Caloplaca schaereri* (Flörke) Zahlbr.

Taxon de distribución mediterránea. Calcícola, termófilo, más o menos nitrófilo. Es una compañera habitual en las comunidades ombrófobas, calcícolas del litoral. Penetra en los puntos donde se pruducen fenómenos de escorrentías o salpicaduras de agua. Clauzade (1970) la cita junto a *Dirina massiliensis, Roccella phycopsis, Opegrapha calcarea,* de las Islas e Islotes de Marsella. Rondon (1970) la encuentra también junto a las mismas especies, en el mismo tipo de hábitats. Su elevada presencia en las comunidades de la alianza *Roccellion phycopsis* es innegable (vease Apéndice I), por lo que, de momento, se puede considerar como una especie diferencial frente a las comunidades de rocas ácidas.

Caloplaca xantholyta (Nyl.) Jatta

Sin.: *Leproplaca xantholyta* (Nyl.) Hue

Frecuente en la Región Mediterránea y Macaronésica, por debajo de 1000 msm. Tiene su óptimo en paredes superverticales y en lugares protegidos por resaltes rocosos, donde la humedad es más elevada. Nitrófila. Car. asoc. *Verrucario velanae-Caloplacetum xantholytae* Nowak 1960. Penetra con relativa frecuencia en comunidades más o menos ombrófobas no litorales (*Caloplacetum cirrhochroae* Poelt ex Klement 1955, *Gyalectetum jenensis* Kaiser em. Roux et Wirth 1980, etc). Frecuente en la subasociación *Dirinetum repandae dirinetosum,* más raro en la subasociación *roccelletosum.*

Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg.

Muy frecuente en Europa y Norte de Africa. Indiferente a la altitud y al substrato. Tiene su óptimo en rocas ácidas, soleadas, que reciben directamente las precipitaciones. Car. clas. *Rhizocarpetea geographici* Klement em. Wirth 1972. Su presencia y recubrimiento en las comunidades ombrófobas es baja.

Catillaria lenticularis (Ach.) Th. Fr.

Ampliamente extendido en Europa y Norte de Africa. Se encuentra sobre superficies calcáreas más o menos inclinadas y en general, no soleadas. Car. ord. *Verrucarietalia parmigerae* Roux 1978. Su presencia en las comunidades ombrófobas litorales es muy excepcional.

Diploicia canescens (Dicks.) Massal.

Frecuente en zonas templadas atlánticas o subatlánticas, con una amplia distribución en el mundo (Nimis et Poelt 1987). Coloniza todo tipo de substratos. Barkman (1958) la considera como característica de la alianza epifítica *Buellion canescentis* Barkman 1958. Wirth (1980) cita este taxon de comunidades subneutrófilas de rocas ácidas, de la alianza *Physcion dimidiatae* Wirth 1972 y de la asociación *Caloplacetum murorum* Du Rietz em Klement 1955 de rocas básicas nitrificadas. Por el contrario, en Massé (1966), la encontramos como compañera, con una presencia muy elevada, en una pablación de *Roccella* y *Ramalina incrassata,* de lugares no mojados por las lluvias, del litoral de las Islas Glenan (Francia). El hecho de no haber comprobado directamente su comportamiento en este tipo de hábitats y su gran amplitud ecológica, nos obliga a mantenerla como una especie transgresiva.

Diploicia subcanescens (R. G. Werner) Poelt et Hafellner

Especie muy termófila, que se extiende por la Región Macaronésica y oeste de la Región Mediterránea (Marruecos, Argelia, Portugal, S y SE de España, S de Francia,

Cerdeña). Penetra, en la Región Eurosiberiana, en puntos excepcionalmente térmicos del Cantábrico (Crespo et al. 1979). Saxícola, muestra una preferencia por rocas ácidas, en superficies poco soleadas, en las que la humedad atmosférica o el rocío se mantienen largo tiempo. Tiene necesidad de agua líquida (Roux, com. pers.), por lo que se sitúa en fisuras por las que discurre el agua después de la lluvia o sobre sustratos porosos. En condiciones de niebla frecuente, se localiza en lugares soleados (Egea et Llimona 1982, Llimona et Egea 1984). Incluida entre las características de la asociación *Solenopsoro-Diploicietum subca- nescentis* Egea et Llimona 1987 y de la subasociación *Xanthorietum resendei* Llimona 1975 *diploicietosum subcanescentis* Egea et Llimona 1982. Penetra con relativa frecuencia en casi todas las comunidades estudiadas (vease Apendice), por lo que se ha incluido como diferencial de la clase.

Gyalecta jenensis (Batsch) Zahlbr.

Frecuente en Europa y Norte de Africa, excepto en áreas de ombroclima árido y subárido. Indiferente a la altitud. Prefiere rocas calizas porosas o fisuradas. Se instala en lugares umbríos, por donde se infiltra el agua de las lluvias. Car. asoc. *Gyalectetum jenensis* Kaiser em. Roux et Wirth 1978. Sus requerimientos ecológicos le permiten penetrar en comunidades de la clase *Roccelletea,* siempre que por los márgenes se produzca algún tipo de escorrentía.

Hafellia leptoclinoides (Nyl.) Scheidegger et Mayrhofer

Sin.: *Buellia leptoclinoides* (Nyl.) Steiner

Taxon de distribución mal conocida por su confusión con *Buellia subdisciformis.* No obstante, es frecuente en las regiones Mediterránea y Macaronésica. Car. subord. *Pertusarienalia leucosorae* Egea et Llimona 1987. Penetra con relativa frecuencia en comunidades de la alianza *Lecanactidion monstrosae.*

Lecanora gangaleoides Nyl.

Frecuente en Europa y Norte de Africa. En la Región Eurosiberiana se encuentra en zonas bajas de clima oceánico o suboceánico. En la Región Mediterránea puede llegar hasta 3000 msm, en el piso oromediterráneo (Egea et al. 1982). Heliófobo, fotófilo, ombrófilo. Car. subord. *Pertusarienalia leucosorae* Egea et Llimona 1987. Su presencia es relativamente elevada en la alianza *Lecanactidion monstrosae,* aunque su recubrimiento es bajo.

Lecanora orosthea (Ach.) Ach.

Sin.: *Lecidea orosthea* (Ach.) Ach.

Frecuente en la Región Eurosiberiana, en los pisos colino y montano. Se encuentra en algunos puntos más o menos húmedos de la Región Mediterránea. Coloniza las rocas ácidas, en las que se instala sobre paredes verticales o superverticales, umbrías, iluminadas o no, y poco o nada nitrificadas. Car. asoc. *Lecanoretum orostheae* Hil. 27. Transgresiva en la asoc. *Sclerophytetum circumscriptae.*

Lecanora schistina (Nyl.) Arn.

Sin.: *Lecanora praepostera* auct.

Optimo en zonas térmicas de la Subregión Mediterránea Occidental y Región Macaronésica. Se extiende por el litoral Atlántico hasta las Islas Británicas. Acidófila, termófila, heliófoba, fotófila, ombrófila, poco o nada nitrófila. Car. subord. *Pertusarienalia leucosorae* Egea et Llimona 1987. Su presencia y su recubrimiento medio son

excepcionalmente elevados en todas las comunidades de la alianza *Lecanactidion monstrosae.*

Lecanora subcarnea (Liljeblad) Ach.

Frecuente en los pisos colino, montano, termo y mesomediterráneo, con ombroclima de seco a húmedo. Conocido también de Canarias (Hernández Padrón et al. 1987). Se instala sobre rocas ácidas, en paredes verticales o superverticales umbrías. Car. asoc. *Lecanoretum orostheae* Hil. 27. Muy rara en las comunidades ombrófobas litorales.

Lecidella subincongrua (Nyl.) Hertel et Leuckert

Ampliamente extendida en Europa y Norte de Africa. Sobre rocas ácidas, en paredes más o menos inclinadas y, en general, no soleadas. Car. subord. *Pertusarienalia leucosorae* Egea et Llimona 1987. Muy rara en las comunidades ombrófobas.

Lepraria incana auct.

Taxon ampliamente extendido en Europa y Norte de Africa. Indiferente a la altitud y substrato. Car. clas. *Leprarietea candelaris* Wirth ex Wirth 1980. Transgr. en la asoc. *Lecanactino plocinae- Dirinetum sorediatae.*

Opegrapha calcarea Turner et Sm. et Sowerby, sensu Torrente et Egea 1989

Sin.: *Opegrapha chevallieri* Leighton; *Opegrapha trifurcata* Hepp ex Müll. Arg.

Frecuente en áreas litorales o sublitorales de Europa Occidental y Norte de Africa. Prefiere rocas básicas, aunque no es rara sobre rocas ácidas de las costas atlánticas. Se instala en paredes más o menos inclinadas, verticales o superverticales de lugares umbríos. En ocasiones, invade el talo de otros líquenes. Especie incluida entre las características de la alianza *Verrucarion sphintrinellae* Clauzade et Roux 1975, dentro de la clase provisional *Protoblastenietea immersae* Roux 1978. Sin embargo, en Creta se cita (Rondon 1969) junto a *Dirina massiliensis*, *D. cretacea* y *Roccella phycopsis*, formando parte del mismo hábitat. Rondon (1970) alude a una comunidad en el Peloponeso, integrada, entre otras especies, por: *D. massiliensis*, *Roccella phycopsis*, *Opegrapha calcarea* y *Caloplaca schaereri.* La misma composición florística encontramos en una tabla de dos inventarios presentada por Clauzade (1970) de las Islas e Islotes del SE de Francia. Esto, unido a la presencia de *Opegrapha calcarea* en algunas de nuestras comunidades y la posibilidad de colonizar las rocas ácidas, nos hacen considerarla como en un elemento de amplia valencia sintaxonómica, diferencial del orden *Dirinetalia massiliensis.*

Opegrapha rupestris Pers.

Sin.: *Opegrapha centrifuga* Massal., *Opegrapha persoonii* (Ach. ex Gray) Chev., *Opegrapha saxatilis* DC, *Opegrapha saxicola* Ach., *Opegrapha semicincta* Zalbr. Ampliamente extendido y frecuente desde la Región Mediterránea hasta el piso alpino, en la Región Eurosiberiana. Roux (1978) lo incluye entre las características del orden provisional *Verrucarietalia parmigerae*, (sub. *O. parasitica*). Su amplitud ecológica y su presencia ocasional en algunas comunidades ombrófobas del litoral, nos llevan a considerarlo como una especie diferencial de la alianza *Roccellion phycopsis*, frente a las otras dos alianzas.

Parmelia pulla Ach. s. lat.

Frecuente, sobre rocas ácidas, en Europa y Norte de Africa. Prefiere paredes poco inclinadas, soleadas y nitrificadas. En la Región Mediterránea se puede encontrar entre 0-3000 msm. Car. ord. *Aspicilietalia gibbosae* Wirth 1972 em. Llimona et Egea in Egea et Llimona 1972. Penetra ocasionalmente en la asociación *Lecanactino-Dirinetum sorediatae.*

Pertusaria dealbescens Erichs.

Sin.: *Pertusaria leucosora* auct. non Nyl.

Taxon poco conocido y tal vez no homogéneo (Nimis et Poelt 1987). Frecuente en la Región Mediterránea, sobre rocas ácidas, más o menos inclinadas, en lugares protegidos. Car. subord. *Pertusarienalia leucosorae* Egea et Llimona 1987. Se encuentra como transgresiva en la asociación *Lecanactino-Dirinetum sorediatae.*

Pertusaria flavicans Lamy

Frecuente en lugares térmicos de clima oceánico de la Región Eurosiberiana y Región Mediterránea. En áreas de ombroclima subárido o seco, queda relegada a zonas montañosas. Car. al. *Pertusarion leucosorae* Egea et Llimona 1987. Tiene su óptimo en la asociación *Pertusarietum leucosoro-flavicantis* Wirth 1972. Penetra en la asociación *Sclerophytetum circumscriptae.*

Pertusaria gallica B. de Lesd.

Optimo en el litoral de la Región Mediterránea occidental y Región Macaronésica. Llega a algunos puntos térmicos del Cantábrico (Crespo et al. 1979). Se instala sobre rocas ácidas, más o menos inclinadas, en general no soleadas, iluminadas y poco o nada nitrificadas. Car.asoc. *Pertusarietum gallicae* Llimona et Egea in Egea et Llimona 1987. Penetra en todas las comunidades de la alianza *Lecanactidion monstrosae,* excepto en la asociación *Sclerophytetum circumscriptae.*

Pertusaria mammosa Harm.

Se extiende por zonas litorales o sublitorales de la Región Mediterránea occidental, con ombroclima de subhúmedo a húmedo. Car. asoc. *Pertusarietum mammoso-gallicae* Egea et Rowe 1987. Presente en la asociación *Lecanactino-Dirinetum sorediatae* Egea et Rowe 1987.

Pertusaria monogona Nyl.

Frecuente en el litoral de la Región Mediterránea y Macaronésica. Sobre rocas ácidas; se comporta como un líquen heliófobo y aerohigrófilo (Llimona et Egea 1984). Car.asoc. *Pertusarietum gallicae pertusarietosum monogonae* Llimona et Egea 1984. Su presencia y recubrimiento en las comunidades ombrófobas de rocas ácidas es baja.

Pertusaria pertusa (Weig.) Tuck. var. **rupestris** (DC) Dt. et S.

Sin.: *Pertusaria rupestris* (DC.) Schaer.

Se encuentra en rocas ácidas del piso colino y submontano de la Región Eurosiberiana. Llega hasta el piso supramediterráneo, en zonas con ombroclima de seco a húmedo. Su área se extiende hasta la Región Macaronésica. Car. asoc. *Pertusarietum rupestris* Egea et Llimona 1987. Su elevada participación en otras comunidades de la alianza *Pertusarion leucosorae* nos hace pensar en una característica de este sintaxon. Su presencia en las comunidades ombrófobas es excepcional.

Pertusaria rupicola (Fr.) Harm.

Elemento mediterráneo. Se encuentra sobre rocas ácidas, más o menos inclinadas y umbrías, en lugares con ombroclima de seco a húmedo. Car. asoc. *Pertusarietum rupicolae* Wirth et Llimona 1975. Su presencia en las comunidades ombrófobas es baja.

Porina linearis (Leight.) Zahlbr.

Elemento de distribución centroeuropea-mediterránea (Wirth 1980). Se encuentra en paredes calcáreas, verticales o superverticales, umbrías. Car. ord. *Verrucarietalia*

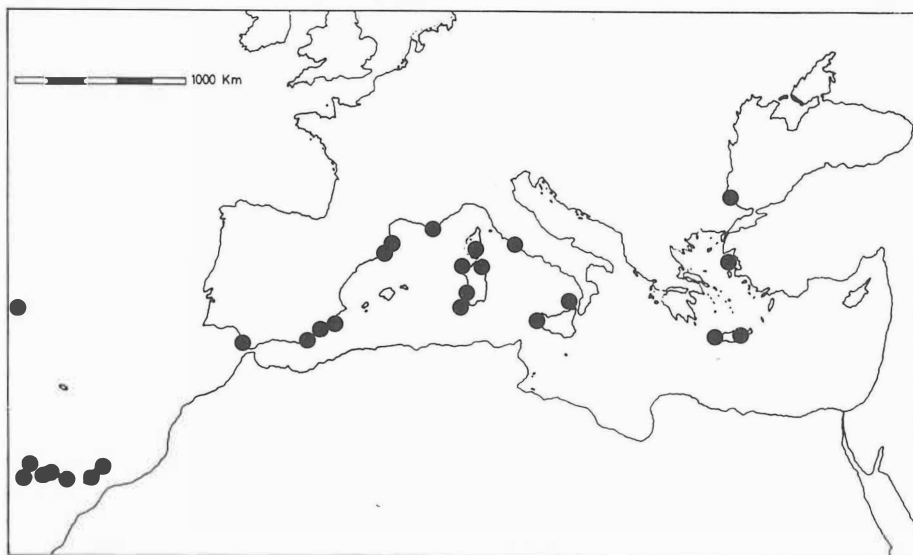


Fig. 21. Distribución conocida de: *Ramalina requienii.*

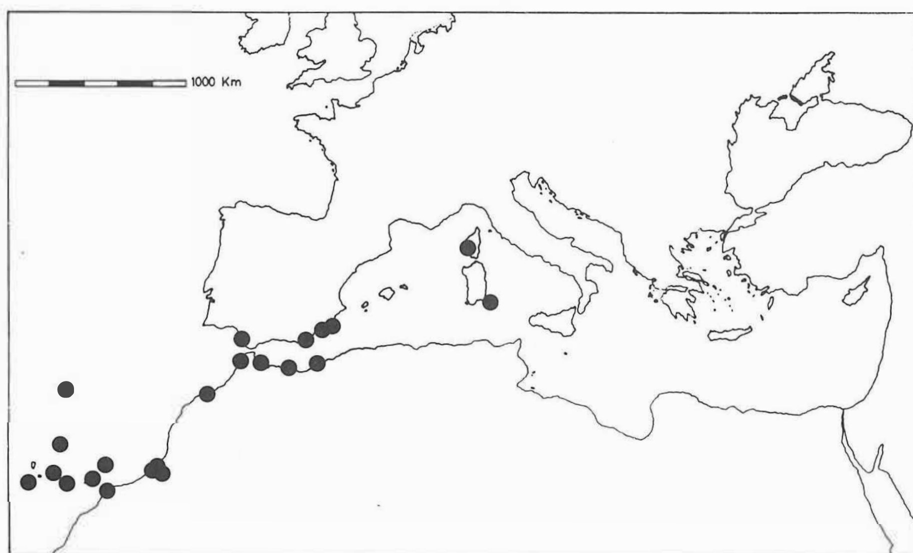


Fig. 22. Distribución conocida de: *Ramalina rosacea.*

parmigerae Roux 1978 or. prov. Su presencia en la alianza *Roccellion phycopsis* es relativamente elevada.

Porina oleriana (Massal.) Lettau

Elemento de óptimo en la Región Mediterránea. Al igual que la anterior, se instala en paredes más o menos inclinadas y umbrías. Car. asoc. *Caloplacetum subochraceae* Clauzade et Roux 1978. Como transgresiva solo se ha detectado su presencia en la comunidad de *Opegrapha durieui*.

Protoparmelia montagnei (Fr.) Poelt et Nimis

Sin.: *Lecanora montagnei* (Fr.) Schaer.

Frecuente sobre rocas ácidas del litoral térmico de la Región Mediterránea y Tenerife (Canarias). Acidófilo, termófilo, ombrófilo, heliófobo, fotófilo y más o menos nitrófilo. Car. al. *Lecanorion montagnei* Llimona in Egea et Llimona 1987. Ocasional en la asociación *Dirinetum africanae*.

Protoparmelia psarophana (Nyl.) Sancho et Crespo

Sin.: *Lecanora psarophana* Nyl.

Taxon conocido de Francia, Córcega, Argelia (Ozenda et Clauzade (1970) y España (Egea et Llimona 1981 a y b; Rowe et Egea 1986, 1988; Sancho et Crespo 1987). En el S y SE de España se encuentra sobre rocas silíceas, entre 300 y 1200 msm. En zonas más bajas del litoral, es substituido por *Protoparmelia montagnei*, y en altitudes superiores, por *Protoparmelia badia* (Hoffm.) Hafellner. Car. subord. *Pertusarienalia leucosorae* Egea et Llimona 1987. Su presencia en las comunidades ombrófobas litorales es excepcional.

Ramalina clementeana Llimona et R. G. Werner

Conocido del SE de España, Cerdeña, Tánger (Marruecos), Orán (Argelia) y Nador (Marruecos). Car. asoc. *Pertusarietum gallicae* Llimona in Egea et Llimona, 1987. Penetra en la subasociación *Dirinetum africanae roccelletosum*, donde puede considerarse como diferencial de la subasociación.

Ramalina requienii (De Not.) Jatta

Especie concida de la Región Macaronésica (Canarias, Azores) y Subregión Mediterránea Occidental (SE de España, Italia, Cerdeña, etc.). Tiene su óptimo en rocas más o menos inclinadas, orientadas al norte. Llimona et Egea (1984) la definen como aerohigrófila, fotófila y heliófoba. En el SE de España tiene su óptimo en la asociación *Pertusarietum gallicae* Llimona et Egea 1987, de lugares más o menos umbríos, orientados al norte. En lugares soleados, pero en los que la humedad atmosférica es elevada por la frecuencia de nieblas marinas, se encuentra dentro de la subasociación *Xanthorietum resendei diploicietosum subcanescentis* Egea et Llimona 1982. En estas mismas condiciones, pero en lugares no soleados, penetra en las comunidades ricas en *Roccella* sp. pl., sobre todo en la Región Macaronésica.

Ramalina rosacea (Schaer. ex Massal.) Hepp

Incl.: *Ramalina bourgeana* (Mont.) Nyl.

Frecuente en rocas ácidas de la Región Macaronésica y litoral del Norte de Africa (desde Sidi Ifni hasta Orán). Conocido también del S y SE de España, Córcega y Cerdeña. Nimis et Poelt (1987) proponen a *Ramalina bourgeana* auct., como sinónimo de *R. rosacea* e indican la posibilidad de que *R. bourgeana* (Mont.) Nyl., descrita de las Islas Canarias, haya que considerarla también como sinónimo. Nosotros no encontramos diferencias

significativas entre las poblaciones estudiadas de la Región Mediterránea y Macaronésica. Sin embargo, sólo un estudio taxonómico detallado, que no hemos realizado, puede zanjar el problema de forma definitiva. En el SE de España (Llimona et Egea 1984), forma apretados céspedes en la parte alta de bloques y aristas de roca. En condiciones de humedad atmosférica elevada llega a formar, densas poblaciones, prácticamente monoespecíficas, que constituyen una especie de mantos sobre las rocas, las cuales han sido descritas con el nombre de *Ramalinetum bourgeanae* Llimona et Egea 1984, dentro de la alianza *Dimelaenion radiatae* Llimona 1975, donde encuentra su óptimo esta especie. Penetra también en superficies sombreadas, en la parte superior de los bloques de roca, por lo que puede encontrarse formando parte de la alianza *Lecanorion montagnei* Llimona 1987 in Egea et Llimona 1987. En Canarias se encuentra en comunidades de *Roccella* sp. pl. y *Ramalina* sp. pl. (Klement 1965, Follmann 1976). Se trata, por tanto, de un taxon de amplia valencia sintaxonómica, que puede ser incluido aquí como diferencial de la alianza *Roccellion tinctoriae*.

Ramalina siliquosa (Huds.) A. L. Sm.

Sin.: *Ramalina incrassata* (Nyl.) Mot.; *R. scopulorum* (Retz.) Ach.

Frecuente sobre rocas ácidas en las costas atlánticas de Europa, desde Portugal hasta Escandinavia. Car. asoc. *Ramalinetum scopularis* (Klement 1955). En las Islas Glenan, al oeste de Francia, convive entre otras especies con: *Roccella phycopsis* y *R. fuciformis*, formando parte de la comunidad de *Roccella* y *Ramalina incrassata* (Massé 1966).

Rhizocarpon geographicum (L.) DC. s. lat.

Klement (1965) menciona este taxon en la asociación *Roccelletum tinctoriae*; sin embargo, desconocemos si corresponde con el concepto actual de esta especie. Car. cl. *Rhizocarpetea geographici* Mattick 1951 em. Wirth 1972.

Rinodina alba Metzler ex Arnold

Elemento del litoral de la Región Mediterránea y Macaronésica. Sobre rocas ácidas, más o menos inclinadas y, en general, umbrías. Car. al. *Lecanorion montagnei* Llimona in Egea et Llimona 1987. Penetra en las asociaciones *Roccelletum tinctoriae* y *Dirinetum africanae*.

Rinodina bischoffii (Hepp) Massal.

Ampliamente extendido en Europa y Norte de Africa. Sobre rocas calizas compactas, en superficies horizontales soleadas. Car. asoc. *Aspicilietum contortae* Kaiser ex Klement 1955. Su presencia y recubrimiento en la asociación *Dirinetum repandae* es muy baja.

Rinodina subglaucescens (Nyl.) Sheard

Taxon ampliamente representado en el litoral y montañas bajas costeras de la Región Mediterránea y Macaronésica. Se extiende por el litoral del sur y centro de la Región Eurosiberiana. Tiene su óptimo en las paredes umbrías y más o menos inclinadas, ombrófila. Car. al. *Lecanorion montagnei* Llimona in Egea et Llimona 1987. Su elevada presencia y recubrimiento en las comunidades ombrófobas de la alianza *Lecanactidion monstrosae*, nos permite tratarla como diferencial frente a las otras dos alianzas.

Solenopsora cesatii (Massal.) Zahlbr.

Elemento de óptimo en la Región Mediterránea. Se encuentra en la base de grandes bloques calizos sometidos a escorrentía superficial, así como en rocas más o menos

inclinadas, no soleadas. Car. al. *Verrucarion sphinctrinellae* Clauzade et Roux 1975. Se encuentra, de forma excepcional, en la asociación *Dirinetum repandae*.

Solenopsora olivacea (Fr.) Kilias

Elemento de óptimo en la Región Mediterránea. Convive con la anterior, en la base de grandes bloques calizos nitrificados por la escorrentía superficial y en paredes más o menos inclinadas, umbrías. Car.asoc. *Caloplacetum subochraceae* Clauzade et Roux 1978.

Solenopsora holophaea (Mont.) Samp.

Elemento de óptimo en el litoral de la Región Mediterránea y Macaronésica. Se extiende, por las costas del Atlántico, hasta el sur de Noruega. Se instala sobre rocas ácidas, en la base de acantilados rocosos y, en general, en lugares protegidos en los que se acumula una delgada capa de tierra. Car. asoc. *Solenopsoro-Diploicietum subcanescentis* Egea et Llimona 1987. Su presencia en las comunidades ombrófobas es excepcional.

Tephromela atra (Huds.) Hafellner

Taxon ampliamente extendido en Europa y Norte de Africa. Indiferente a la altitud y substrato. No obstante, tiene su óptimo sobre rocas ácidas, no protegidas de las precipitaciones. Car. clas. *Rhizocarpetea geographici* Mattick em. Wirth 1972. Su presencia en las comunidades ombrófobas de rocas ácidas es relativamente constante aunque, al igual que su recubrimiento, siempre es bajo.

Verrucaria baldensis Massal. sensu Ozenda et Clauzade 1970

Elemento de distribución centroeuropea-mediterránea (Wirth 1980). Sobre calizas compactas, en posiciones verticales umbrías. Car. asoc. *Verrucarietum parmigerae* Roux 1978 nom. prov. Muy rara en las comunidades ombrófobas del litoral.

Acompañantes.

Bacidia inundata (Fr.) Körb., *Buellia margaritacea* (Sommerf.) Lynge sensu Ozenda et Clauzade 1970., *Buellia stellulata* (Tayl.) Mudd, *Buellia squamulata* (Nyl.) Zahlbr., *Caloplaca aurantia* (Pers.) Hellb., *Caloplaca chalybaea* (Fr.) Müll. Arg., *Caloplaca conversa* (Krempelh.) Jatta., *Caloplaca variabilis* (Pers.) Müll. Arg., *Caloplaca velana* (Massal.) Du Rietz, *Candelariella oleaginascens* Rondon, *Catillaria chalybeia* (Borr.) Massal., *Gyalecta schisticola* R. G. Werner, *Haematomma ochroleucum* (Neck.) Laundon, *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer et Poelt, *Lecania albariella* (Nyl.) Müll. Arg., *Lecania inundata* (Hepp ex Körb.) M. Mayrhofer, *Lecania spadicea* (Flot.) Zahlbr., *Lecania tenera* (Nyl.) Clauzade et Roux, *Lecania turicensis* (Hepp) Müll. Arg., *Lecanora albescens* (Hoffm.) Branth. et Rostr., *Lecanora congesta* Clauzade et Vezda, *Lecanora crenulata* (Dicks.) Hook., *Lecanora poeltiana* Clauzade et Roux,(= *Lecanora lactea* sensu Ozenda et Clauzade), *Lecanora pruinosa* Chaub., *Lecanora sulphurella* Hepp, *Leprocaulon microscopicum* (Vill.) Gams ex Hawksw., *Ochrolechia androgyna* (Hoffm.) Arnold, *Parmelia perlata* (Huds.) Vain., *Parmelia reticulata* Tayl., *Petractis thelothremella* (Bagl.) Vezda, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Oliv., *Ramalina farinacea* (L.) Ach., *Rinodina gennarii* Bagl., *Rinodina luridescens* (Anzi) Arnold, *Rinodina oxydata* (Massal.) Massal, *Sphincthrina turbinata* (Pers. ex Fr.) De Not., *Thelidium olivaceum* (Fr.) Körb., *Toninia aromatica* (Sm.) Massal., *Xanthoria calcicola* Oxner.

DISCUSION SINTAXONOMICA

Esquema sintaxonómico

A. **Roccelletea phycopsis** Classis prov.
Saxícola, ombrófoba, termófila, xeroresistente, aerohigrófila, halotolerante, de más o menos fotófila a esciófila, heliófoba, poco o nada nitrófila. En zonas térmicas y umbrías litorales o sublitorales de Europa y Norte de Africa.

Características: *Bactrospora patellarioides, Chiodecton myrticola* (?), *Diploicia subcanescens* (dif.), *Dirina massiliensis* f. *sorediata, Opegrapha subelevata, Roccella phycopsis, Thelopsis isiaca* (incl. f. *saxicola*).

Tipo nomenclatural: No designado.

A.a. **Dirinetalia massiliensis** Ord. prov.

Rocas básicas (calizas y dolomías) de las regiones Mediterránea y Eurosiberiana.

Características: *Dirina massiliensis, Opegrapha calcarea* (dif.), *Opegrapha mougeotii, Opegrapha variaeformis*.

Tipo nomenclatural: no designado.

1. **Roccellion phycopsis** Egea et Llimona em.

Rocas básicas (calizas y dolomías) de la Región Mediterránea. Llega, de forma puntual, al sur de las Islas Británicas.

Características: *Lecanactis grumulosa* var. *grumulosa, Lecanactis* sp., *Opegrapha rupestris* (dif.), *Roccella arnoldii*.

Tipo nomenclatural: *Dirinetum repandae* Clauzade et Roux 1975 in Egea et Llimona, Collectanea Botanica (Barcelona) 15: 210. 1984.

1.1. **Dirinetum repandae** Clauzade et Roux 1975.

Areas litorales o sublitorales de los pisos infra, termo y mesomediterráneo inferior y termo colino.

Características: Igual que la alianza más *Dirina immersa*.

Tipo nomenclatural: Clauzade et Roux, Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille 35: 192, tb 35, invent. 32 (lectotipo aquí seleccionado) 1975.

1.1.a. **roccelletosum phycopsis** Clauzade et Roux 1975.

Sobre calizas y dolomías duras, costeras, rara en zonas sublitorales.

Tipo nomenclatural: Igual a la asociación.

1.1.b. **dirinetosum stenhammari** Clauzade et Roux 1975.

Más esciófila y menos termófila que la subasociación anterior. En zonas alejadas de la costa y en oquedades y cuevas muy poco iluminadas del litoral.

Tipo nomenclatural: Clauzade et Roux, Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille 35: 195, tb 35, Inv. 10 (lectotipo aquí seleccionado) 1975.

1.1.c. **opegraphetosum durieui** Egea et Llimona 1984.

Piso termomediterráneo con ombroclima subárido y seco. Sobre rocas blandas y porosas situadas a escasos metros del mar.

Tipo nomenclatural: Egea et Llimona, Collectanea Botánica (Barcelona) 15: 212, tb 1, Inv. 13 (holotipo), 1984.

1.2. **Nomina invalida**: peupl. à *Opegrapha durieui* Roux, Bull. Mus. Hist. Nat. (Marseille), 38: 183 y Bibliotheca Lechenologica 181: 143, art. 3c.

A.b. **Roccelletalia fuciformis** Ord. prov.

Rocas ácidas (silíceas o volcánicas) de las regiones Macaronésica, Mediterránea y Eurosiberiana.

Características: *Opegrapha conferta, Roccella fuciformis, Roccella vicentina, Roccella tuberculata.*

Tipo nomenclatural: no designado.

2. **Roccellion tinctoriae** Klement 1965.

Acidófila, muy aerohigrófila, más o menos ombrófoba, fotófila y más o menos halófila. Optimo en la Región Macaronésica. Se encuentra en puntos excepcionalmente húmedos de la Región Mediterránea y Eurosiberiana.

Características: *Ramalina decipiens, Ramalina rosacea* (dif.), *Roccella boergesenii, Roccella canariensis, Roccella maderensis, Roccella teneriffensis, Roccella tinctoria.*

Tipo nomenclatural: *Roccelletum tinctoriae* Klement, Nova Hedwigia 9: 516, 1965, tabla sintética.

2.1. **Roccelletum tinctoriae** Klement 1965

Rocas volcánicas de los pisos infra y termocanario e infra y termomediterráneo, con ombroclima de árido a húmedo.

Características: Igual a la alianza.

Tipo nomenclatural: no designado.

2.2. **Nomina invalida**: *Ramalinetum bourgeanae* Follmann, Biogeography and Ecology in the Canary Islands, 275, 1976, en contradicción con los art. 2b. y 7; agroup. du *Roccella* et *Ramalina incrassata* Massé, Rev. Bryol. et Lichénol. 34: 905, 1966, art. 3c; *Ramalinetum siliquosae* (Du Rietz) Follmann, Philippia 11(1): 8, 1973, art. 30, 40.

3. **Lecanactidion monstrosae** all. prov.

Acidófila, ombrófoba, más o menos fotófila, hasta muy esciófila, menos aerohigrófila que la alianza anterior. Litoral de la Región Mediterránea, Macaronésica y mitad meridional de la Región Eurosiberiana.

Características: *Lecanactis grumulosa* var. *monstrosa, Lecanactis* aff. *werneri, Opegrapha caesarensis, Opegrapha dialeuca, Opegrapha lutulenta, Rinodina subglaucescens* (dif.).

Tipo nomenclatural: no designado.

3.1. **Dirinetum africanae** Egea et Llimona 1984 corr.

Pisos termomediterráneo (meso?) e infra y termocanario (Canarias). Con ombroclima de árido a seco. Rocas silíceas volcánicas.

Características: *Dirina paradoxa* subsp. *africana, Dirina paradoxa* subsp. *africana* f. *sorediata, Enterographa zaborskiana, Lecanactis werneri.*

Tipo nomenclatural: *Dirinetum "schistosae"* Egea et Llimona, Collectanea Botánica (Barcelona) 15: 214, tb 2, Inv. 1 (holotipo) 1984.

3.1.a. **roccelletosum vicentinae** Egea et Llimona 1984

Piso termomediterráneo subárido.

Tipo nomenclatural: Egea et Llimona, Collectanea Botanica (Barcelona) 15: 214, tb 2, Inv. 18 (holotipo), 1984.

3.2. **Lecanactino plocinae-Dirinetum sorediatae** Egea et Rowe 1987

Piso termomediterráneo con ombroclima subhúmedo (húmedo?). Rocas silíceas.
Características: *Lecanactis premnea* var. *saxicola, Schismatomma hafellneri, Buellia saxorum* (dif.).
Tipo nomenclatural: Egea et Rowe, Anal. Jard. Bot. Madrid. 44(1): 125, tb 2, Inv. 3 (holotipo), 1987.
3.3. **Sclerophytetum circumscriptae** James, Hawksworth et Rose 1977
Conocido de la mitad meridional del litoral atlántico de la Región Eurosiberiana. Rocas ácidas.
Característica: *Arthonia endlicheri* (?), *Chiodecton petraeum, Lecanactis dilleniana* (dif.).
Tipo nomenclatural: James et al., Lichen Ecology. tb 15, Inv. 2 (holotipo), 1977.
3.4. **Lecanactino monstrosae-Dirinetum insulanae** ass. nova.
Región Macaronésica (Madeira). De forma puntual, llega a Marruecos (Sidi Ifni) y Portugal (Cabo de Roca).
Características: *Dirina insulana, Dirina insulana* f. *sorediata, Llimonaea occulta, Opegrapha circumducta* (?).
Tipo nomenclatural: Tab. 11, Inv. 1

Catálogo descriptivo de las comunidades observadas.

A. **Roccelletea phycopsis** classis prov.

Ecología: Agrupa a comunidades saxícolas constituidas por líquenes crustáceos y fruticulosos que tienen, en gran parte, *Trentepohlia* como fotobionte. Su óptimo ecológico lo encuentran en hábitats que están protegidos del impacto directo de las gotas de lluvia, o en lugares algo expuestos a ella, pero en los que el substrato se seca rápidamente. Se localiza en zonas térmicas y umbrías litorales o sublitorales.

Se instalan en paredes verticales o superverticales y en oquedades, techos y pequeñas cuevas, poco o nada soleadas, orientadas entre el noroeste y noreste. Para su desarrollo dependen, en gran medida, del vapor de agua contenido en el aire por lo que, en muchos casos, se encuentran en biotopos obscuros, protegidos de los vientos dominantes, o bien, están expuestos directamente a los vientos alísios cargados de vapor de agua, procedentes del mar. La orientación N y NW hace que la roca permanezca, durante gran parte del dia, más fria que la capa de aire, por lo que son frecuentes los fenómenos de condensación. De esta forma, los líquenes que integran las comunidades ombrófobas, pueden tener un aporte adicional de agua, sobre todo en las horas matinales. Poseen un talo hidrófugo por lo que tampoco soportan lugares que están sometidos a constantes salpicaduras de las olas. Así, en la zona supralitoral, desaparecen muchas de las especies que integran la clase. Rehuyen el agua de escorrentía y el agua goteante debida a infiltraciones en substratos porosos, como indica Roux (1979, 1981) en poblaciones de *Dirina*.

Tabla 1: LOCALIDADES ESTUDIADAS

Localidad	A	S	Vp	P	O
Región Mediterránea					
España.					
1. Alicante. Denia. Sierra del Montgó	350	Ca	R-Q	Tm	S
2. Alicante. Jávea. Cabo de la Nao	170	Ca	R-Q	Tm	S
3. Alicante. Jávea. Cabo de Sª Antonio	180	Ca	R-Q	Tm	S
4. Alicante. Calpe. Peñon de Ifach	10-150	Ca	R-Q	Tm	S
5. Murcia. Cabo Palos. Cabezo de la Fuente	50-200	Ca	M-P	Tm	Sa
6. Murcia. Cartagena. Sierra de la Muela	200-300	Ca	M-P	Tm	Sa
7. Murcia. Cartagena. Cabezo del Cambrón	150-200	Ca	Ch-R	Tm	Sa
8. Murcia. Mazarrón. Sierra de Las Moreras	50	Ca	Ch-R	Tm	Sa
Portugal.					
9. Algarve. Sagrés. Punta de Sagrés	70	Ca	S-Q	Tm	S
10. Sagrés. Cabo de Sª Vicente	80	Ca	S-Q	Tm	S
11. Estremadura. Setúbal. Castillo de Sesimbra	150	Ca	S-Q	Tm	S
12. Estremadura. Sintra. Cabo de Roca	20-140	Vo	O-Q	Tm	S
Marruecos					
13. Sidi Ifni, 10 km al N de la ciudad	100	Vo	E-A	Im	A
14. Mirhlet. Playa de Tiouriza	50	Ca	E-A	Im	A
15. El Jadida. Cabo Blanco	0-30	Ca	A-R	Tm	Sa
16. Rabat. Playa de Temara	50	Ca	Cl-J	Tm	S
17. Mohammedia. Pont Blondin	20	Si	Cl-J	Tm	S
18. Tánger. Grutas de Hércules	5-20	Ca	Ph-P	Tm	Sh
19. Tánger. Cabo Spartel	30-100	Si	M-Q	Tm	Sh
20. Nador. Cabo Tres Forcas	80-100	Vo	P-T	Tm	Sa
Argelia					
21. Orán. Ain el Turck. Cabo Falcón	30-50	Vo	P-T	Tm	S
22. Orán. Ain el Turck. Los Andaluces	50	Vo	P-T	Tm	S
23. Orán. Ain el Turck. Cabo Lindlés	5-20	Ca	P-T	Tm	S
24. Mostaganem, a 3 km del Cabo Ivi	20-60	Si	P-T	Tm	S
25. Tipasa. Monte Chenoua	5-40	Si	Q-O	Tm	S-Sh
Túnez					
26. Tabarka, a 5 km de Melloulat	100	Si	Q-O	TM	Sh
27. El Haouaria. Cabo Bon	100-150	Si	Q-O	Tm	S
Región Macaronésica					
Canarias					
28. Gran Canaria. Isleta	40	Vo	K-E	Ic	A
29. Gran Canaria. Cuesta de Silva	200	Vo	K-E	Tc	S
30. Gran Canaria. Andén Verde	100	Vo	K-E	Ic	S
31. Tenerife. El Medano	100-170	Vo	K-E	Ic	S
32. Tenerife. Mirador de Guimar	400	Vo	M-J	Tc	Sh

Madeira

33. Caniçal. Machico. Pico do Facho	250-300	Vo		Tc	S
34. Punta de Sª Lorenzo. Punta de las Gaviotas	20-60	Vo		Tc	S
35. Ribeira Brava, junto al mirador	150-200	Vo		Tc	Sh
36. Porto Moniz	10-15	Vo		Tc	H
37. Sª Vicente	5-15	Vo		Tc	H
38. Entre Punta de Sª Jorge y Punta Santana	15-30	Vo		Tc	H
39. Faial. Desembocadura de la Ribeira de Faial	5-30	Vo		Tc	H
40. Degolada. Cruze de Faial a Funchal	100	Vo		Tc	H

Región Eurosiberiana

España.

41. Coruña. Corrubedo. Cacholas	20-50	Si	Ru-Q	Tco	Sh-h
42. Pontevedra. Isla de Ons	128	Si	Ru-Q	Tco	Sh-h

Símbolos utilizados

A: Altitud (msm).
S: Substrato. Ca: Calizas; Vo: Volcánicas; Si: Silíceas.
P: Piso bioclimático. Im: Inframediterráneo; Tm: Termomediterráneo; Ic: Infracanario; Tc: Termocanario; Tco: Termocolino.
O: Ombroclima. A: árido; Sa: Subárido; S: Seco; Sh: Subhúmedo; H: Húmedo.
Vp: Vegetación potencial.
R-Q: Rubio longifoliae-Quercetum rotundifoliae Costa, Peris et Figuerola 1983
M-P: Mayteno senegalensis-Periplocetum angustifoliae Rivas Goday et Esteve 1959
Ch-R: Chamaeropo humilis-Rhamnetum lycioides O. Bolos 1957
S-Q: Smilaci mauritanicae-Quercetum rotundifoliae Barbero, Quézel et Rivas Martínez in Rivas-Martínez 1987
E-A: Euphorbio echini-Arganietum spinosae Barbero, Benabid, Quézel, Rivas Martínez et Santos 1982
O-Q: Oleo sylvestris-Quercetum suberis Rivas Goday, F. Galiana et Rivas Martínez in Rivas Martínez 1987
A-R: Asparago-Rhamnion oleoides Rivas Martínez 1975
Cl-J: Clematidi cirrhosae-Jumiperetum lyciae Barbero, Quézel et Rivas Martínez 1981
Ph-P: Phillyreo angustifoliae-Quercetum fruticosae Barbero, Quézel et Rivas Martínez 1981
M-Q: Myrto communis-Quercetum suberis Barbero, Quézel et Rivas Martínez 1981
P-T: Periploco laevigatae-Tetraclinidetum articulatae Benabid 1984
Q-O: Querco rotumdifoliae-Oleion sylvestris Barbero Quézel et Rivas Martínez ex Rivas Martínez, Costa et Izco 1984
Ru-Q: Rusco aculeati-Quercetum roboris Br.-Bl., Pando Silva et Rozeira 1956
K-E: Kleinio-Euphorbion canariensis Rivas Goday et Esteve 1965
M-J: Mayteno-Juniperion phoeniceae Santos et Fernández in Santos 1983

Toleran muy bien temperaturas elevadas y escasez de precipitaciones, siempre y cuando la humedad atmosférica sea elevada. Así, en áreas litorales de los pisos inframediterráneo e infracanario, con ombroclima árido, podemos encontrar poblaciones exuberantes de *Roccella* y *Dirina*. Sin embargo, cuando se deja de sentir la influencia del mar, desaparecen por completo. No toleran temperaturas bajas. La altura y la latitud son, por tanto, factores limitantes, que se oponen al desarrollo de estas comunidades. En Madeira y Canarias, con un clima más oceánico y debido a la influencia de los vientos alísios, pueden alcanzar hasta 900-1000 msm. Al aumentar la latitud, las poblaciones se van empobreciendo progresivamente. De este modo, son muy pocas las especies que integran la clase, que sobrepasan los 60° de latitud Norte.

Poseen una amplitud fótica variable. Aquellas comunidades que se instalan en los lugares más iluminados son ricas en líquenes con biotipo fruticuloso, mientras que en las más esciófilas dominan casi por completo los talos crustáceos a menudo sorediados o de aspecto lepraroide. En general, rehuyen las radiaciones solares directas, protegidas por la orientación o la topografía del substrato.

En resumen, la clase se puede caracterizar como: saxícola, termófila, xeroresistente, aerohigrófila, ombrófoba, halotolerante, algo o poco fotófila, heliófoba y poco o nada nitrófila.

Distribución: Presenta su óptimo desarrollo en los acantilados costeros de la Región Mediterránea y Macaronésica. Se extiende por las islas e islotes de la Región Eurosiberiana y puntos aislados, más o menos térmicos, de las costas de Centroeuropa, desde donde puede llegar hasta el Sur de los Paises Escandinavos. En zonas del interior de Europa es sustituida, sobre rocas ácidas, por comunidades de la clase *Leprarietea chlorinae* Wirth 1972. En otras áreas litorales de la Tierra, con clima mediterráneo, así como en zonas costeras tropicales o subtropicales, de los reinos Paleotropical y Neotropical, donde se encuentra el centro principal de diversidad de *Roccellaceae* y *Opegraphaceae*, es probable que sea sustituida por una o varias clases vicariantes, desconocidas en la actualidad. En concreto, en los acantilados costeros de Baja California (Méjico), como tuvimos la oportunidad de observar recientemente, se encuentran comunidades también dominadas por líquenes que tienen *Trentepohlia* como fotobionte, pero que, desde el punto de vista de su composición florística, son muy distintas a las de Europa y Norte de Africa.

Observaciones: *Dirina massiliensis* f. *sorediata* (= D. *stenhammari* ?) es el único taxon que se encuentra también en zonas de clima oceánico del interior de Centroeuropa (Tehler 1983). A pesar de ésto, no podemos admitir, según nuestros conocimientos actuales, que la clase *Roccelletea phycopsis* penetre en dichas áreas, puesto que:

1º) Habría que confirmar, como se ha indicado en la discusión florística, que los nombres de *Dirina massiliensis* f. *sorediata* y *D. stenhammari* corresponden al mismo taxon.
2º) Desaparecen prácticamente todas las especies características incluidas en el esquema sintaxomómico que proponemos.

Dirina massiliensis f. *sorediata,* en estas condiciones, se encuentra mezclada con especies nitrófilas de la alianza *Caloplacion decipientis* Klement 1950 (Du Rietz 1925, Nowak 1960) o bien forma comunidades monoespecíficas difíciles de interpretar.

En la elaboración de este estudio nos planteamos la posibilidad de proponer uno o varios órdenes dentro de la clase. En un principio se pensó incluir las comunidades epífitas de viejos árboles aislados, matorrales y bosques densos y umbríos, del litoral Mediterráneo-Macaronésico, como un orden. Estas poseen unos requerimientos ecológicos parecidos y comparten algunas especies como: *Bactrospora patellarioides, Chiodecton myrticola, Thelopsis isiaca* y, en ocaciones, *Roccella phycopsis*. Sin embargo, un análisis de los datos bibliográficos existentes, (Klement 1965, Atienza 1982, Llimona et al. 1984, Giralt et Gomez Bolea 1987, Boqueras et Gomez Bolea 1987, Hernández Padrón 1987), nos desaconsejaron subordinarla a la clase *Roccelletea phycopsis,* hasta disponer de una mayor información.

Otra posibilidad que barajamos fué la de incluir en un orden las comunidades de rocas ácidas que colonizan los acantilados costeros y paredes verticales, con óptimo de distribución en la Región Macaronésica. Otro orden agruparía las comunidades de rocas ácidas o básicas que se instalan, preferentemente, en techos, oquedades y cuevas de todo el área de estudio. También comprobamos como podían quedar las comunidades reunidas en un orden de distribución Mediterráneo-Macaronésica y en otro que se extendiera por la Región Eurosiberiana, o bien, en un solo orden que agrupara todas las comunidades saxícolas. Tras un detenido análisis de las tablas de inventarios disponibles y después de ver que especies podrían caracterizar cada uno de los hipotéticos ordenes, llegamos a la conclusión de proponer, de forma provisional, un orden para las comunidades ombrófobas de rocas ácidas y otro para las comunidades de rocas básicas de las costas de Europa y Norte de Africa. No obstante, es cierto que hay numerosas especies que están restringidas al norte y centro de Europa o a la Subregión Mediterránea Oriental e incluso de la Región Macaronésica, que poseen unos requerimientos ecológicos semejantes a los táxones que aquí comentamos, pero que no se han caracterizado desde el punto de vista sintaxonómico y que, por tanto, podrían modificar este esquema en el futuro.

Debido a esta problemática, hemos decidido describir de forma provisional y sin indicar el tipo nomenclatural, todas las unidades con rango superior al de asociación. De esta forma, al entrar en contradicción con los artículos 3b y 5 del

Código Internacional de Fitosociología (Barkman et al. 1986), nuestro esquema sintaxonómico podrá sufrir tantas cuantas modificaciones se estimen oportunas, para llegar a una mejor y más completa caracterización de la clase.

En esta primera aproximación se han elegido, como características de clase todos aquellos táxones que, en condiciones ombrófobas, pueden vivir en dos o más tipos de sustratos (rocas ácidas, rocas básicas, epífitos), con un óptimo de distribución en las regiones Mediterránea y Macaronésica. Esto permitirá, si futuras investigaciones así lo aconsejan, la inclusión de un orden que se extendiera por el norte y centro de Europa y/o un orden que reuniera las comunidades epífitas.

Aa. **Dirinetalia massiliensis** Ordo. prov.

Ecología y distribución: Tiene su óptimo en las rocas calizas de la Región Mediterránea. Llega de forma puntual a las Islas Británicas y, probablemente, al sur de los Paises Escandinavos. No se conoce de la Región Macaronésica, debido a la ausencia de sustrato favorable para su desarrollo.

Observaciones: Para caracterizar el orden, se han elegido las especies de óptimo mediterráneo que, sobre rocas básicas, penetran en la Región Eurosiberiana.

1.) **Roccellion phycopsis** Egea et Llimona em.

Ecología y distribución: Igual al orden.

Observaciones: La alianza fue propuesta (Egea et Llimona 1984), para agrupar las comunidades saxícolas de rocas ácidas y básicas de la Región Mediterránea. Como características se citaban: *Roccella phycopsis* y *Thelopsis isiaca* f. *saxicola*. En nuestro esquema, la alianza sufre profundas transformaciones. Por un lado queda restringida para comunidades de rocas calizas y por otro lado, los dos táxones citados se han situado entre las características de clase. *Lecanactis grumulosa* var. *grumulosa* es la especie mejor representada en la alianza, ya que posee una presencia y un recubrimiento medio global bastante elevado en las comunidades calcícolas de la Región Mediterránea (vease Apendice). Menos frecuentes son: *Roccella arnoldii* y *Lecanactis* sp.

El nombre *Roccellion phycopsis* debería ser corregido por el de *Lecanactidion grumulosae*, más acorde con el concepto actual de la alianza. Sin embargo, en virtud de los art. 29 y 40 del código de nomenclatura fitosociológica (Barkman et al. 1986), dicho cambio no puede ser realizado.

Según nuestros conocimientos actuales, la asociación *Dirinetum repandae* es el único sintaxon que puede subordinarse a la alianza. No obstante, las poblaciones de *Opegrapha durieui* y las comunidades con *Dirina cretacea* (hasta la fecha no inventariadas), podrían encontrar acomodo en esta alianza.

1.1. **Dirinetum repandae** Clauzade et Roux 1975

Ecología y Distribución: Sobre rocas básicas (calizas, dolomías etc.), en acantilados costeros más o menos verticales, oquedades techos y pequeñas cuevas, así como en edificaciones más o menos antiguas (iglesias, cementerios, casas, etc.). Se localiza tanto en el litoral como en cadenas montañosas de zonas térmicas, alejadas hasta unos 50-60 km de la costa. Se extiende por todo el litoral de la Subregión Mediterránea Occidental, entre los pisos infra y mesomediterráneo, con ombroclima de árido a subhúmedo (húmedo ?). Su área llega a la Subregión Mediterránea Oriental, como se desprende de los trabajos de Rondon (1969, 1970). En la Región Eurosiberiana se conoce, de forma puntual, de las Islas Británicas (James et al. 1977) y de Cantabria (Norte de España), donde se cita (Renobales 1987) una comunidad constituida por: *Dirina massiliensis*, *D. massiliensis* f. *sorediata*, *Lecanactis grumulosa* y *Arthonia meridionalis*.

Tabla 3. Dirinetum repandae

Parámetros sintéticos	RMG %	DR %	Q	DQ %	Ψ	
Características de:						
Asociación y Alianza	14.02	22.38	1.64	19.62	1.14	Grupo de especies
O. Dirinetalia massiliensis	19.10	30.49	0.41	10.88	2.80	bien adaptadas
Cl. Rocelletea phycopsis	27.81	44.39	2.54	30.38	1.46	
Transgresivas:						
O. Verrucarietalia nigrescentis	0.33	0.53	1.10	13.16	0.04	Grupo de especies totalmente
Acompañantes	1.21	1.93	1.23	14.71	0.13	inadaptadas

Nº de inventarios: N = 11
Nº total de especies: n = 30
Nº medio de especies por inventario: m = 8.36
RMG del conjunto de especies inventariadas: RMG = 62.65

Observaciones: Clauzade et Roux (1975) describen la asociación, representada por la subasociación *roccelletosum phycopsis* (= *roccellosum*), exclusiva del litoral y por la subasociación *dirinetosum stenhammari* (= *stenhammarosum*), no litoral y no eumediterránea. La primera la caracterizan por la elevada presencia de *Dirina massiliensis* (= *D. repanda*) y *Roccella phycopsis*, y la ausencia total de *Dirina massiliensis* f. *sorediata* (= *D. stenhammari*) y *Opegrapha mougeotii* (sub *O. farinosa*, Roux com. pers.) La segunda subasociación, por el contrario, la distinguen por la presecia exclusiva de *D. massiliensis* f. *sorediata*, la presencia esporádica de *Opegrapha mougeotii* y la ausencia total de *D. massiliensis* típica y *Roccella phycopsis*. *Lecanactis grumulosa* (= *Opegrapha gr.*) se encuentra

TABLA 2. **Dirinetum repandae**

Nº orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Altitud (m)	200	300	50	50	50	120	150	170	350	350	180		
Superficie (dm²)	100	150	100	150	100	150	100	100	200	200	100		
Orientación	NE	NE	NE	NE	N	N	N	N	NE	N	N		
Inclinación (°)	80	90	80	90	85	90	120	100	90	100	100		
Recubrimiento (%)	100	95	100	100	95	100	90	85	100	90	70		
Número de especies	8	13	5	12	15	8	6	8	6	6	5		
Características de la asociación y alianza													
Dirina inmersa	2.2	2.2	3.3	2.1	1.1	1.2	1.1	+	.	.	.	IV	8,19
Lecanactis grumulosa	.	.	1.1	+	.	2.2	2.2	+	2.2	2.2	+	IV	5,70
Lecanactis sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	+	.	I	0,23
Caracteríticas del orden Dirinetalia massiliensis													
Dirina massiliensis	+	1.1	.	+	1.1	2.3	3.2	3.3	3.4	4.3	2.2	V	19,10
Características de la clase Roccelletea phycopsis													
Dirina massiliensis f. sorediata	2.2	1.1	1.1	3.3	3.3	3.3	2.1	3.3	3.3	2.3	3.3	V	25
Roccella phycopsis	.	.	1.1	1.2	.	1.1	+	+	2.1	+	1.1	IV	2,3
Thelopsis isiaca	1.1	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	II	0,25
Opegrapha calcarea (dif.)	+	.	.	.	.	+	.	+	.	1.1	.	II	0,25
Opegrapha subelevata	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Transgresivas del orden Verrucarietalia parmigerae													
Caloplaca subochracea var. luteococcinea	+	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	0,23
var. subochracea	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	I	0,02
Porina linearis	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	II	0,03
Porina oleriana var. ginzbergeri	+	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	II	0,03
Catillaria lenticularis	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Gyalecta jenensis	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Acompañantes													
Caloplaca velana var. schaereri	.	.	1.1	+	1.1	+	.	1.1	.	.	1.1	III	0,92
Opegrapha rupestris	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I	0,02
Xanthoria calcicola	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I	0,02
Caloplaca flavescens	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I	0,02
Thelidium olivaceum	.	1.1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I	0,23

Presentes en un inventario:

Caloplaca chalybaea (+; I-2), Buellia squamulata (+; I-2), Gyalecta schisticola (+; I-4), Lecania turicensis (+; I-5), Aspicilia calcarea (+; I-5), Toninia aromatica (+; I-5); Candelariella oleaginescens (+; I-5), Rinodina bischoffii (+; I-5), Solenopsora olivacea ssp. olivacea (+, I-5), Lecanora albescens (+; I-8).

Localidades de los inventarios:

España

Alicante. Peñón de Ifach (Inv. 6)
Alicante. Cabo La Nao (Inv. 8)
Alicante. Cabo de San Antonio (Inv. 11)
Alicante. Sierra del Montgó (Inv. 9-10)
Murcia. Sierra de la Muela (Inv. 1-2)
Murcia. Cabezo de La Fuente (Inv. 4)
Murcia. Sierra de Las Moreras (Inv. 5)
Murcia. Cabezo El Cambrón (Inv. 7)

Marruecos

Mirhleft. Playa de Tiouriza (Inv. 3)

representada en las dos subasociaciones formando parte de una variante esciófila.

En base a nuestras observaciones (vease Apéndice) y a los datos aportados por James et al. (1977), Casares (1984), Llimona et al. (1984) y Nimis et al. (1987), la subasociación *roccelletosum*, corresponde en realidad a la asociación típica, la cual lleva con frecuencia *D. massiliensis* f. *sorediata*. Por otro lado, ésta puede alejarse de la costa algunas decenas de kilómetros y mantener sus principales elementos (*D. massiliensis, Roccella phycopsis, Lecanactis gumulosa,* etc.), como ocurre en la Sierra de Carrascoy y Sierra de la Pila, en Murcia, o en la siera de Benialí en Alicante. La subasociación *dirinetosum*, tal y como ha sido descrita, podría admitirse para zonas interiores e incluso para lugares muy poco iluminados del litoral, en los que no haya ni *D. massiliensis* ni *Roccella phycopsis*.

Mención aparte merece las asociaciones *Lecanactidetum stenhammari* Du Rietz 1925 (= *Lecanactis stenhammarii* Ass.) y *Verrucario velanae-Caloplacetum xantholytae* Nowak 1960 facies con *Lecanactis stenhammari*. Para Clauzade et Roux (1975), la asociación *Dirinetum repandae* corresponde, en parte, a la asociación de Nowak, pero indican que ésta no es más que una mezcla entre diversas comunidades (*Caloplacetum cirrochroae* Poelt ex Klement 1955, *Caloplacetum murorum* Du Rietz 25 em. Klement 55, etc.). Según Roux (1979: 168), la asociación de Du Rietz es una mezcla de la subasociación *dirinetosum stenhammari* y de poblamientos liquénicos nitrófilos.

Por otro lado, James et al. (1977), aceptan la asociación de Du Rietz y proponen la combinación *Dirinetum stenhammari* (D.R.) James, Hawksworth et Rose 1977. Wirth 1980 no admite dicha combinación pero sí el sintaxon de Du Rietz al que sitúa, junto a la asociación de Nowak, en la alianza *Caloplacion decipientis* Klement 1950. En su esquema sintaxonómico no se alude a la asociación *Dirinetum repandae*.

Si se analiza la composición florística de las asociaciones propuestas por Du Rietz (1925: 48) y Nowak (1960, tb. 19 y 20) se puede comprobar que, a excepción de *Dirina stenhammari* y, muy ocasionalmente, de *Opegrapha mougeotii*, no hay ninguna otra especie en común con la asociación *Dirinetum repandae*, ni con el resto de táxones que se citan, en este estudio, como característicos de las distintas unidades sintaxonómicas. Por el contrario, sí que son frecuentes las especies de diversas unidades sintaxonómicas de la clase *Verrucarietea nigrescentis* Wirth 1980.

Nosotros no hemos estudiado suficientemente las comunidades alejadas del litoral ricas en *D. stenhammari*. Sin embargo, en las escasas ocasiones que se han observado, como en la comarca del Noroeste, en Murcia (España), este taxon se ha encontrado formando poblaciones monoespecíficas difíciles de interpretar o mezcladas con *Lecanora pruinosa, Caloplaca xantholyta, Caloplaca cirrochroa,* etc.

En base a estas consideraciones y las realizadas en la discusión taxonómica de *D. massiliensis* f. *sorediata* podemos concluir:

1) Es necesario un estudio taxonómico detallado para comprobar si los nombres de *Dirina stenhammari* y *D. massiliensis* f. *sorediata* hacen referencia al mismo taxon. Si se llega a la conclusión de que son distintos, en el esquema sintaxonómico que proponemos sólo habría que incluir, con los datos de que disponemos en la actualidad, el segundo de ellos: *D. massiliensis* f. *sorediata*. Por el contrario, si los dos nombres hacen referencia al mismo taxon, éste tendría su óptimo en la clase *Roccelletea phycopsis*. En comunidades bastante alejadas del litoral, habría que tratarlo como diferencial, transgresivo o acompañante de unidades sintaxonómicas de otras clases de vagetación liquénica.

2) La asociación *Lecanactidetum stenhammari* Du Rietz 1925 (= *Lecanactis stenhammarii* Ass.), es válida (Def. I, Art. 2, 7, 14) y no debe ser combinada (Art. 40). Sin embargo, habría que comprobar, con nuevos inventarios tomados preferentemente en la localidad tipo y en otras de la Región Eurosiberiana, si la asociación es heterogénea, como propone Roux (1979), en cuyo caso se consideraría como "nomen dubium" y habría que rechazarla (Art. 37).

3) La comunidad aludida por James et al. (1977) para las Islas Británicas está constituida, entre otras especies, por: *Dirina massiliensis, D. massiliensis* f. *sorediata, Lecanactis grumulosa. Opegrapha calcarea, O. mougeotii* y *O. subelevata*. Esta composición florística corresponde claramente a la asociación *Dirinetum repandae* y no a la asociación *Dirinetum stenhammari*

Variabilidad:

1.1.a. **Dirinetum repandae** subas. **roccelletosum phycopsis** Clauzade et Roux 1975.

Esta subasociación, como ya se ha indicado, es en realidad la asociación típica. Está dominada casi exclusivamente por *Dirina massiliensis, D. massiliensis* f. *sorediata, Roccella phycopsis* y *Lecanactis grumulosa*. En los puntos más iluminados y menos protegidos de las precipitaciones, penetran algunas especies de la asociación *Caloplacetum subochraceae* Clauzade et Roux ex Roux 1978, como: *Caloplaca subochracea* var. *luteococcinea, Porina linearis* y *Porina oleriana*. En rocas que presentan superficies de escorrentía o rezuman agua después de las lluvias, penetra con relativa frecuencia *Caloplaca velana* var. *schaereri*, especie transgresiva de comunidades heminitrófilas de los pisos termo y mesomediterráneo.

En el SE de España, SW de Marruecos (tabla 2) y probablemente en Mallorca y Portugal, *Dirina immersa* forma parte también de la asociación . Este taxon no se conoce del litoral septentrional de la Región Mediterránea. De momento no encontramos razones suficientes que justifiquen un nuevo sintaxon, por lo que se ha incluido, como característica, en la subasociación *roccelletosum*. Sin embargo, es posible que futuras investigaciones permitan reconocer una nueva unidad con *Dirina immersa*, con óptimo en áreas de

ombroclima árido y subárido (seco?) de la Subregión Mediterránea Occidental. En este caso la subasociación *roccelletosum* quedaría relegada a zonas de ombroclima seco y subhúmedo de los pisos termo y mesomediterráneo y lugares térmicos del litoral de la Región Eurosiberiana.

Según se desprende de los trabajos de Zahlbruckner (1910, Rondon (1969) y Tehler (1983) existe, en la Subregión Mediterránea Oriental, una comunidad con: *Dirina cretacea, Arthonia meridionalis, Lecanactis grumulosa, Opegrapha durieui,* etc., desconocida por nosotros, que debe estar íntimamente relacionada con esta subasociación.

1.1.b. **Dirinetum repandae** subas. **dirinetosum stenhammari** Clauzade et Roux 1975.

Comunidad relativamente esciófila, que coloniza las rocas calizas de zonas más o menos alejadas de la costa y en fisuras y cuevas muy poco iluminadas del litoral. Se caracteriza por la presencia de *Dirina massiliensis* f. *sorediata* y *Lecanactis grumulosa* y la ausencia total de *Dirina massiliensis* , *D. immersa* y *Roccella phycopsis.*

Cuando se producen aportes de nitratos sobre la comunidad, se desarrollan especies de la asociación *Caloplacetum cirrochroae* Poelt ex Klement 1955, como *Caloplaca cirrochroa* o *C. xantholyta.* Si los nitratos son aportados por aguas de escorrentía, entonces aparecen como transgresivas especies de la asociación *Caloplacetum gyalolechioidis* Clauzade et Roux 1975.

1.1.c. **Dirinetum repandae** subas. **opegraphetosum durieui** Egea et Llimona 1984.

Conocida hasta la fecha solo del litoral del SE de España, en el piso termomediterráneo subárido y seco. Se encuentra a escasos metros del mar (4-120 msm), sobre rocas blandas y porosas. Se instala preferentemente en dunas fósiles y conglomerados calizos, sobre paredes verticales o algo superverticales, orientados al norte.

Junto a *Opegrapha durieui* se desarrollan las especies màs comunes de la asociación.

1.2. **Nomina invalida**

Poblaciones de **Opegrapha durieui**

Mencionadas por primera vez por Roux (1978, 1981) de Portugal. Se trata de una comunidad que coloniza la rocas blandas y porosas (dunas fósiles, conglomerados calizos, etc.), sobre paredes más o menos inclinadas o verticales, situadas a escasos metros del mar. Si la humedad ambiental es relativamente elevada, puede desarrollarse sobre calizas más compactas. Hasta la fecha se ha

TABLA 4. Comunidad de Opegrapha durieui

Nº de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Nº de registro	623	624	580	625	618	622	624	574	579	573	572	610	609	628		
Altitud (m)	70	80	10	80	20	70	70	50	20	5	15	15	15	150		
Superficie (dm^2)	200	150	50	200	70	60	30	150	60	150	200	40	20	20		
Orientación	N	W	NW	W	NE	NE	NW	N	NW	N	NW	W	N	N		
Inclinación (°)	110	80	110	90	90	130	95	90	85	120	110	90	80	110		
Recubrimiento (%)	100	70	100	90	100	70	100	95	70	100	80	20	80	100		
Nº de especies	10	7	8	8	9	7	8	7	6	5	8	4	7	6		
Características de la comunidad																
Opegrapha durieui	2.2	2.2	2.2	1.1	2.2	2.2	.	+	3.4	2.3	2.2	2.2	3.3	3.3	V	16,79
Arthonia meridionalis	1.1	2.2	1.1	+	2.2	.	3.3	.	1.1	.	.	.	.	.	III	5,36
Opegrapha aff. caesarensis	1.1	1.1	.	.	.	3.3	+	.	.	.	.	.	.	.	II	3,04
Características de la alianza Roccellion phycopsis																
Lecanactis grumulosa v. gr.	1.1	.	2.2	.	2.2	.	.	2.2	.	2.2	.	.	.	1.1	III	4,64
Características del orden Dirinetalia massiliensis																
Dirina massiliensis	1.2	+	2.3	.	.	1.1	.	2.3	2.3	.	3.4	3.4	+	.	IV	8,94
Opegrapha variaeformis	2.2	2.2	1.1	1.1	.	.	2.2	1.1	3.3	.	.	2.2	2.2	.	IV	6,96
Opegrapha mougeotii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	1.1	.	.	.	I	1,25
Características de la clase Roccelletea phycopsis																
Dirina massiliensis f. sorediata	2.2	.	.	2.3	2.3	.	+	.	.	.	.	.	.	2.2	II	4,29
Roccella phycopsis	.	.	.	2.2	.	.	.	2.2	.	1.1	2.3	.	.	.	II	3,39
Diploicia subcanescens (dif.)	.	1.1	+	.	.	1.1	1.1	.	1.1	.	+	.	1.1	.	III	0,90
Thelopsis isiaca	1.1	.	2.2	.	1.2	+	2.2	1.1	1.1	.	1.1	.	2.2	.	IV	4,11
Opegrapha subelevata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	I	0,17
Opegrapha calcarea (dif.)	.	.	.	2.1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	II	1,25
Transgresivas del orden Verrucarietalia parmigerae																
Porina linearis	+	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	1.1	.	.	+	II	0,37
Porina oleriana	.	.	.	.	1.1	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	I	0,35
Acompañantes																
Caloplaca velana var. schaereri	.	+	1.1	1.1	+	1.1	.	.	.	+	+	.	.	.	III	0,56
Catillaria chalybeia	+	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	II	0,02
Lecania spadicea	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	I	0,01
Toninia aromatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	I	0,01
Petractis telothremella	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	I	1,07

Localidad de los inventarios

Portugal

Algarve. Punta de Sagrés (Inv. 1, 6, 7)
Algarve. Cabo de Sã Vicente (Inv. 2, 4)
Estremadura. Sesimbra (Inv. 14)

Marruecos

El Jadida. Cabo Blanco (Inv. 3, 9)
Rabat. Playa de Temara (Inv. 8)
Tánger. Grutas de Hércules (Inv. 10, 11)

Argelia

Tipasa. Monte Chenoua (Inv. 5)
Orán. Cabo Lindlés (Inv. 12, 13)

observado del litoral del Norte de Africa y mitad meridional de Portugal. Conocida también del sur de Córcega (Bricaud et Roux, en prensa).

Se caracteriza por la elevada presencia y recubrimiento de *Opegrapha durieui, Arthonia meridionalis* y *Opegrapha variaeformis*. En el Algarve (Portugal) se enriquece con la entrada de *Opegrapha* aff. *caesarensis*. Las cuatro especies representan más del 45% de la superficie total cubierta, con una tensión relativamente fuerte (tabla 5).

En nuestros inventarios (tabla 4), son también frecuentes especies características de distintas unidades sintaxonómicas de la clase *Roccelletea phycopsis* como: *Dirina massiliensis, Thelopsis isiaca* o *Roccella phycopsis*. En ocasiones la comunidad se ha encontrado ligada a condiciones netamente ombrófilas, por lo que es probable, que las especies anteriormente mencionadas, deban ser consideradas como transgresivas en las poblaciones de *Opegrapha durieui*. De acuerdo con Roux (com. litt.) antes de proponer esta comunidad como una nueva asociación , son necesarias nuevas investigaciones para precisar mejor su ecología, así como su exacta posición sintaxonómica.

Tabla 5. Comunidad de Opegrapha durieui

Parámetros sintéticos	RMG %	DR %	Q	DQ %	Ψ	
Característica de:						
Comunidad	25.19	39.68	1.71	23.95	1.66	Grupo de especies
Al. Roccellion phycopsis	4.64	7.31	0.43	6.02	1.21	
O. Dirinetalia massiliensis	17.15	27.02	1.43	20.03	1.35	bien adaptadas
Cl. Roccelletea phycopsis	14.11	22.23	2.07	28.99	0.77	Gr. esp. medianamente adap.
Transgresivas						
O. Verrucarietalia parmigerae	0.72	1.13	0.43	6.02	0.19	Grupo de especies
Acompañantes	1.67	2.63	1.07	14.99	0.18	totalmente inadaptadas

Nº de inventarios: N = 14
Nº total de especies: n = 20
Nº medio de especies por inventario: m = 7.14
RMG del conjunto de especies inventariadas: RMG = 63.48

Ab. **Roccelletalia fuciformis** Ordo prov.

Ecología y distribución: Coloniza las rocas ácidas (silíceas o volcánicas) del litoral de Europa y Norte de Africa.

2.) **Roccellion tinctoriae** Klement 1965

Ecología y distribución: Reúne las comunidades que se instalan sobre rocas volcánicas o silíceas, en los acantilados costeros expuestos directamente a la

influencia de los vientos alísios, en lugares bien iluminados. Se extiende por el litoral de la Región Macaronésica y Portugal, hasta las Islas Anglonormandas. Penetra en puntos excepcionalmente húmedos de las costas mediterráneas. Se caracteriza por un predominio absoluto de los talos fruticulosos, mientras que los biotipos crustáceos quedan reducidos a pequeños talos debajo de éstos.

Observaciones: La alianza fue propuesta con el nombre de *Roccellion* (Klement 1965), constituida exclusivamente por la asociación *Roccelletum tinctoriae*. Follmann (1973), sin aportar nuevos datos, propone para esta alianza el nombre *Roccellion tinctoriae* (Klement) Follmann. Dicha combinación no puede ser aceptada, ya que la alianza está válidamente publicada y no hay ningúm cambio de posición o rango (Art. 40, Rec. 10D). El nombre completo del sintaxon dado por Klement, queda implícito en el nombre dado a la asociación.

En la descripción original no se indica de forma explícita sus especies características o diferenciales. A excepción de *Roccella tuberculata* y *Roccella fuciformis* var. *fuciformis*, que se han subordinado al orden, se han considerado como características de la alianza las indicadas por su autor en la única asociación que incluye dentro de ella (Art. 8).

Según Klement (1965) y Follmann (1973), la alianza podría quedar incluida en la clase *Rhizocarpetea geographici*, Mattick ex Wirth 1972. Si bien es cierto que encontramos, en ocasiones, un cierto número de táxones de esta clase, no es menos cierto que la penetración se realiza por los márgenes, en el límite externo de la comunidad y que su presencia y recubrimiento medio global es muy bajo. Dichas especies deben ser consideradas por tanto como transgresivas.

En la actualidad, la asociación *Roccelletum tinctoriae*, es la única que puede incluirse dentro de la alianza. Sin embargo, las poblaciones de *Roccella* y *Ramalina incrassata* (Massé 1966) y la asociación *Ramalinetum bourgeanae* (Follmann 1976), publicadas de forma inválida, podrían formar parte de ella.

2.1. **Roccelletum tinctoriae** Klement 1965

Ecología y distribución: Sobre rocas volcánicas, en acantilados costeros más o menos verticales o subverticales de la Región Macaronésica, donde puede encontrarse por encima de los 700 msm (Follmann 1976). En la Región Mediterránea, solo se ha inventariado en Orán (Argelia). En Sidi Ifni (Marruecos) y Cabo de Roca (Portugal) se han observado comunidades que están intimamente relacionadas con esta asociación.

Composición florística:

a.) *Características de la asociación y unidades superiores*:

Está constituida por una gran biomasa de talos fruticulosos de *Roccella* y, en ocasiones, de *Ramalina*. Los talos crustáceos de diversas especies de la familia *Opegrafáceas* y de *Dirina* están escasamente representados.

TABLA 6. As. Roccelletum tinctoriae

Nº de orden	1	2	3	4	5	6	7	8		
Nº de registro	645	643	604	550	565	512	445	494		
Altitud (m)	50	280	50	100	40	400	150	170		
Superficie (dm²)	80	100	30	120	70	10	30	50		
Orientación	N	E	N	NE	NE	E	N	N		
Inclinación (°)	90	90	80	85	75	130	80	45		
Recubrimiento (%)	80	90	100	95	90	55	90	80		
Nº de especies	17	8	8	12	7	6	6	10		
Características de asociación y alianza										
Roccella canariensis	2.2	1.1	2.2	3.4	1.1	1.1	3.4	2.2	V	15,93
Ramalina rosacea (dif.)	2.2	.	1.1	+	1.1	1.2	1.1	3.3	V	7,82
Roccella fuciformis var. maderensis	.	1.1	.	.	.	.	.	.	I	0,31
Características del orden Roccelletalia fuciformis										
Roccella vicentina	2.2	2.2	2.2	.	2.2	2.2	3.3	1.2	V	14,37
Roccella fuciformis var. fuciformis	+	2.2	.	.	2.2	1.1	.	.	III	4,07
Roccella tuberculata	+	.	.	1.1	.	.	.	.	II	0,32
Características de la clase Roccelletea phycopsis										
Roccella phycopsis	2.2	.	+	.	3.3	.	.	+	III	6,58
Diploicia subcanescens (dif.)	1.1	.	1.2	.	2.2	.	2.2	2.2	IV	6,25
Bactrospora patellarioides	+	2.2	.	.	.	.	.	.	II	1,88
Thelopsis isiaca	+	.	+	.	.	3.3	.	.	II	4,71
Transgresivas de la alianza Lecanactidion monstrosae										
Opegrapha lutulenta	+	.	+	+	.	.	.	.	II	0,03
Dirina insulana	1.1	+	.	.	.	.	.	.	II	0,32
Dirina insulana f. sorediata	+	.	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Dirina paradoxa subsp. africana	.	.	2.2	.	.	+	.	.	II	1,88
Lecanactis grumulosa var. monstrosa	1.1	.	.	.	.	.	.	.	I	0,31
Sclerophyton circumscriptum	+	.	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Transgresivas del suborden Pertusarienalia leucosorae										
Caloplaca crenularia	+	+	.	1.1	.	.	.	.	II	0,33
Rinodina oxydata	.	.	.	1.1	.	.	.	1.1	II	0,62
Rinodina alba	.	.	.	1.1	.	.	.	2.2	II	2,18
Acompañantes										
Lecanora sulphurella	.	+	.	+	1.1	.	1.1	.	III	0,65
Caloplaca gloriae	.	.	.	.	.	.	+	1.1	II	0,32

Presentes en un solo inventario: Hafellia leptoclinoides (+, I-1); Lecanora schistina (+, I-1); Lecidella subincongrua (+, I-4); Pertusaria monogona (+, I-4); Buellia lactea (1.1, I-4); Lecanora gangaleoides (+, I-4); Caloplaca irrubescens (1.1, I-8), Ramalina requienii (+, I-8).

Localidades de los inventarios:

España. Canarias

Gran Canaria, Andén Verde (Inv. 7, 8)
Gran Canaria, Cuesta de Silva (Inv. 4)
Gran Canaria, Isleta (Inv. 5)
Tenerife, Mirador de Guimar (Inv. 6)

Portugal

Machico, Pico do Facho (Inv. 2)
Punta de San Lorenzo (Inv. 1)

Argelia

Orán, Los Andaluces (Inv. 3)

En base a los inventarios realizados por nosotros (tabla 6), la asociación está dominada por *Roccella canariensis, R. vicentina, R. fuciformis* var. *fuciformis* y *R. phycopsis*.

Tabla 7. As. Roccelletum tinctoriae

Parámetros sintéticos	RMG %	DR %	Q	DQ %	Ψ	
Características de:						
Asociación y alianza	24.06	34.83	2.00	21.62	1.61	Grupo de especies
O. Roccelletalia fuciformis	18.76	27.16	1.62	17.51	1.55	
Cl. Roccelletea phycopsis	19.42	28.11	1.75	18.92	1.49	bien adaptadas
Transgresivas de:						
Al. Lecanactidion monstrosae	2.56	3.71	1.25	13.51	0.27	Grupo de especies
SO. Pertusarienalia leucosorae	3.31	4.79	0.87	9.40	0.51	
Acompañantes	0.97	1.40	0.75	8.11	0.17	bien adaptadas

Nº de inventarios: N = 8
Nº total de especies: n = 29
Nº medio de espescies por inventario: m = 9.25
RMG del conjunto de especies inventariadas: RMG = 69.08

Ramalina rosacea posee una presencia elevada, pero el recubrimiento medio es bajo. Otras especies como: *Roccella fuciformis* var. *maderensis* y *R. tuberculata* están muy pobremente representadas en nuestra tabla. *Roccella tinctoria, R. teneriffensis* y *R. boergesenii*, citadas, como las anteriores, en la descripción original del sintaxon, no las hemos encontrado ni en las poblaciones inventariadas, ni fuera de ellas. De existir estas especies en Canarias y Madeira, en particular *Roccella tinctoria*, no son ni mucho menos tan abundantes como podría desprenderse de la tabla sintética presentada por Klement (1965). En cuanto a *R. teneriffensis*, es probable que se trate simplemente de un morfotipo de *R. fuciformis*.

b.) *Transgresivas*: Se encuentra en contacto, y por tanto hay formas de transición, con distintas unidades sintaxonómicas de la alianza *Lecanactidion montrosae* y del suborden *Pertusarienalia leucosorae* Egea et Llimona 1987. En ambos casos, tanto el recubrimiento medio como la tensión son relativamente bajos (tabla 7).

Observaciones: De acuerdo con Follmann (1976: 272) *Roccella tinctoria* juega un papel subordinado en la asociación. Sin embargo, no puede admitirse el nombre *Roccelletum canariensis* por él propuesto, ya que no puede ser rechazado o corregido un nombre simplemente porque otro taxon caracterice mejor al sintaxon (Art. 29). Un problema distinto sería, si se demuestra que *Roccella tinctoria* no está presente en Tenerife (Canarias), de donde proceden los inventarios de la tabla original. En este caso se habría producido un error taxonómico que permitiría corregir el nombre del sintaxon (Art. 43). Este hecho

no se desprende de los comentarios realizados por Follmann en el trabajo anteriormente citado.

La diagnosis original de esta unidad sólo contiene una tabla sintética, por lo que es preciso designar un neotipo (Art. 21). No obstante, debido el problema arriba comentado, sobre la correcta identidad de *Roccella tinctoria* en Canarias, y a que en los inventarios realizados por nosotros faltan algunas de las características principales, preferimos dejar sin tipificar el sintaxon, en espera de disponer de inventarios más completos.

2.2 **Nomina invalida**

Poblaciones de **Roccella** y **Ramalina incrassata**

Massé (1966) en su trabajo de las Islas Glenann, al sur de Bretaña (Francia), presenta una tabla sintética de 10 inventarios, que denomina "poblaciones de *Roccella* y *Ramalina incrassata*". Su comportamiento ecológico es semejante a las comunidades que aquí describimos. Se instala sobre granitos, en paredes verticales o superverticales umbrías, orientadas desde el noreste hacia el noroeste.

La comunidad comparte algunas especies con la asociación *Ramalinetum scopularis* (DR) Klement 1955, descrita para el norte y oeste de los Paises Escandinavos, como: *Ramalina siliquosa*, *Anaptychia runcinata* o *Tephromela atra*. Sin embargo, tanto la presencia de *Roccella fuciformis* (V) *Roccella phycopsis* (V), *Ramalina siliquosa* v. *crassa* (V) *Diploicia canescens* (V) y *Opegrapha conferta* (I), como la ausencia de *Ramalina subfarinacea*, *Ramalina cuspidata*, *Ramalina capitata*, etc., confieren originalidad a la población.

Por otro lado, James et al. (1977) indican la presencia de la asociación *Ramalinetum scopularis* en las Islas Británicas. Aquí, junto a las especies características de la asociación, se citan muchas especies de distintas unidades sintaxonómicas de la clase *Rhizocarpetea geographici*. Además, aluden a una facies más húmeda y resguardada de la asociación que incluye, entre otras especies a: *Enterographa hutchinsiae*, *E. zonata*, *Opegrapha conferta*, *O. gyrocarpa* y *O. lithyrga*.

Follmann (1973) menciona, como acompañantes más frecuentes de *Ramalina siliquosa* s.l., en las costas del noroeste de la P. Ibérica, a: *Anaptychia runcinata*, *Pertusaria pseudocorallina*, *Roccella fuciformis*, *Xanthoria parietina*, *Tephromela atra*, *Roccella phycopsis*, *Ochrolechia parella* y *Rhizocarpon richardii* ssp. *constictum* (= *Rhizocarpom atlanticum*). Para esta comunidad, propone el nombre *Ramalinetum siliquosae* (Du Rietz) Follmann (nom. inval., Art. 30 y 40) subordinado a la alianza *Roccellion tinctoriae*.

En base a estos datos, pensamos que el comportamiento de *Ramalina siliquosa*, en el litoral atlántico de la Región Eurosiberiana, es semejante al observado en otras especies saxícolas del género *Ramalina*, en el litoral de la Región Mediterránea y Macaronésica. En condiciones de humedad atmosférica

elevada, buena iluminación, ausencia de protección frente a las precipitaciones, conviven con especies de la clase *Rhizocarpetea geographici*. Por el contrario, en condiciones ombrófobas se encuentra junto a táxones que tienen *Trentepohlia* como fotobionte.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se podrían admitir dos asociaciones independientes ricas en *Ramalina siliquosa*. Una de ellas, *Ramalinetum scopularis* Du Rietz ex Klement 1955, estaría subordinada a la clase *Rhizocarpetea geographici*, dentro del suborden *Pertusarienalia leucosorae* Egea et Llimona 1987, con un óptimo de distribución en el norte de la Región Eurosiberiana e Islas Británicas. De forma relictual debe llegar al norte y noroeste de la P. Ibérica. La otra asociación sería equivalente a las poblaciones de *Roccella* y *Ramalina incrassata* y, probablemente también, a la facies húmeda de la asociación *Ramalinetum scopularis* (James et al. 1977) y a la comunidad aludida por Follmann (1973). Su óptimo estaría situado en las Islas e Islotes del Sur y Centro de la Región Eurosiberiana. Desde el punto de vista sintaxonómico, habría que incluirla en la alianza *Roccellion tinctoriae*. Sin embargo, no podemos aceptar, de momento, ninguno de los nombres propuestos para esta segunda asociación, puesto que todos ellos están en contradicción con el código de nomenclatura fitosociológica.

Ramalinetum bourgeanae Follmann 1976, nomen nudum

Se trata de un sintaxon descrito de las Islas Canarias, situado dentro de la alianza *Roccellion tinctoriae* (Follmann 1976). Según su descripción, se localiza en los acantilados más expuestos a la luz y al agua, así como en las aristas y parte alta de bloques de lava suelta, entre 300-900 msm, en contacto con la asociación *Roccelletum tinctoriae*. Como especies más características se citan diversas especies de *Ramalina* (*R. bourgeana*, *R. decipiens*, *R. maciformis*, etc.). Ni en la descripción original, ni en trabajos anteriores o posteriores del autor se ha encontrado una tabla de inventarios o de presencia, por lo que su nombre no está validamente publicado (Art. 2b y 7). En la lista de especies no hay ninguna *Rocceláceae* ni ninguna *Opegrafáceae*, por lo que su inclusión en la alianza, aunque probable, es dudosa.

Es necesario realizar un estudio más detallado de esta comunidad en la Región Macaronésica, y ver la relación existente con la alianza que aquí comentamos o con la alianza *Dimelaenion radiatae* Llimona 1975. Por otro lado, Llimona et Egea (1984) proponen para el SE de España la asociación *Ramalinetum bourgeanae*, de forma válida y efectiva. De confirmarse que las comunidades de Canarias ricas en *Ramalina bourgeana* corresponden a otro sintaxon, habría que buscarle un nuevo nombre.

TABLA 8. As. **Dirinetum africanae**

Nº de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Nº de registro	20	617	566	607	605	594	595	608	554	619	600	576		
Altitud (m)	00	80	50	40	50	80	100	60	100	10	10	20		
Superficie (dm²)	50	20	120	40	100	20	100	100	50	50	60	60		
Orientación	N	W	NE	NE	N	N	N	NE	W	N	NE	N		
Inclinación (°)	120	95	120	120	90	120	70	90	100	110	115	85		
Recubrimiento (%)	100	100	80	90	85	85	100	95	100	80	95	80		
Nº de especies	7	5	8	6	9	8	8	7	7	6	6	8		
Características de la asociación														
Dirina paradoxa subsp. africana	3.3	2.2	3.2	1.1	2.2	2.3	3.3	3.4	4.4	2.3	2.3	2.2	V	25,41
Dirina p. subsp. africana f. sorediata	1.1	1.1	1.1	2.2	+	+	1.1	2.2	.	.	.	.	IV	3,35
Lecanactis werneri	2.2	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	II	1,66
Enterographa zaborskiana	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Características de la alianza Lecanactidion monstrosae														
Lecanactis grumulosa var. monstrosa	1.1	.	2.3	3.3	+	3.3	.	.	.	2.2	2.2	.	III	10,21
Opegrapha lutulenta	.	3.3	.	+	1.1	+	.	1.1	+	1.1	.	2.2	IV	5,02
Opegrapha caesarensis	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Lecanactis aff. werneri	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	I	0,02
Sclerophyton circumscriptum	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	1,25
Características del orden Roccelletalia fuciformis														
Roccella vicentina	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	+	2.2	II	1,46
Roccella fuciformis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	I	0,20
Características de la clase Roccelletea phycopsis														
Roccella phycopsis	1.1	.	1.1	1.1	.	+	.	1.1	.	1.1	+	.	III	1,05
Diploicia subcanescens (dif.)	.	.	2.3	.	+	2.2	.	.	+	1.2	+	.	III	2,73
Bactrospora patellaroides	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	I	0,20
Thelopsis isiaca	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	I	0,20
Opegrapha subelevata	.	.	.	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.	+	II	0,42
Opegrapha calcarea (dif.)	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	+	.	I	0,21
Transgresivas del suborden Pertusarienalia leucosorae														
Caloplaca crenularia	.	1.1	.	.	.	.	.	1.1	+	.	.	1.1	II	0,63
Hafellia leptoclinoides	.	.	+	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	I	0,21
Rinodina subglaucescens	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	I	0,20
Lecanora schistina	.	.	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	I	0,41
Buellia fimbriata	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	I	0,01
Rinodina alba	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I	0,01
Pertusaria gallica	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I	0,01
Acompañantes														
Xanthoria calcicola	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1.2	I	0,21
Tephromela atra	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I	0,01
Catillaria chalybeia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	I	0,02
Ramalina rosacea	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	I	0,20

Localidades de los inventarios

Argelia

Mostaganen, a 3 km del Cabo Ivi (Inv. 4, 8)
Orán, Los Andaluces (Inv. 5)
Tipasa, Monte Chenoua (Inv. 10)
Orán, Cabo Falcón (Inv. 11)

Canarias

Gran Canaria, Andén Verde (Inv. 9)

Marruecos

Nador, Cabo Tres Forcas (Inv. 2, 6, 7)
Tanger, Cabo Spartel (Inv. 3)
Fédala, Pont Blondin (Inv. 12)

Túnez

Tabarka (Inv. 1)

3. **Lecanactidion monstrosae** All. prov.

Ecología y distribución: Agrupa las comunidades de rocas ácidas, que colonizan los techos, oquedades y cuevas en el litoral de la mitad meridional de Europa y Norte de Africa. En la Región Mediterránea, se instala también en las paredes más o menos verticales y umbrías. En todas las asociaciones de la alianza hay un predominio de los talos crustáceos, frente a los foliáceos.

3.1. **Dirinetum africanae** Egea et Llimona 1984 corr.

Ecología y distribución: La asociación se conoce con exactitud de las rocas volcánicas del SE de España (Cabo de Gata, en Almería e Islas del Mar Menor, en Murcia) y Canarias (Tenerife, Gran Canaria), así como de las rocas ácidas (silíceas o volcánicas) del litoral del Norte de Africa (entre Mohammedia, en Marruecos y el Cabo Bon, en Túnez). Debe extenderse hasta las Islas del Cabo Verde y Senegal, de donde se conocen citas de *Dirina paradoxa* subsp. *africana*. No se ha encontrado en Madeira. En Canarias, la asociación queda relegada, por la asociación *Roccelletum tinctoriae,* a los lugares poco iluminados, mientras que en el resto de su área se desarrolla, además, en paredones verticales o superverticales umbríos (tablas 8 y 9).

Tabla 9. As. Dirinetum africanae

Parámetros sintéticos	RMG %	DR %	Q	DQ %	Ψ	
Característica de:						
Asociación	30.43	55.00	2.00	28.25	1.95	Grupo de especies
Al. Lecanactidion monstrosae	16.51	29.84	1.58	22.32	1.34	bien adaptadas
O. Roccelletalia fuciformis	1.66	3.00	0.33	4.66	0.64	Grupo de especies
C.l. Roccelletea phycopsis	4.81	8.69	1.67	23.59	0.37	poco adaptadas
Transgresivas:						
SO. Pertusarienalia leucosorae	1.48	2.67	1.00	14.12	0.18	Grupo de especies
Acompañantes	0.44	0.79	0.50	7.06	0.11	totalmente inadaptadas

Nº de inventarios: N = 12
Nº total de especies: n = 28
Nº medio de especies por inventario: m = 7.08
RMG del conjunto de especies inventariadas: RMG = 55.33

Composición florística:

a) *Características de la asociación*: Se caracteriza por la presencia casi exclusiva de *Dirina paradoxa* subsp. *africana* en todas las localidades de su área. *D. paradoxa* subsp. *africana* f. *sorediata* muestra también una presencia bastante elevada, y puede llegar a ser dominante en los biotopos más oscuros. *Lecanactis werneri* y

Enterographa zaborskiana, forman parte de la asociación en puntos aislados del Norte de Africa.
b) *Características de la alianza Lecanactidion monstrosae*: *Lecanactis grumulosa* var. *monstrosa* es el taxon mejor representado de la alianza, en todas las poblaciones inventariadas de la P. Ibérica y Norte de Africa. *Opegrapha lutulenta* es frecuente en los inventarios del Norte de Africa. Del SE de España, tan solo disponemos de un inventario con este último taxon (Llimona et Egea 1984); sin embargo, se ha observado con relativa frecuencia, en las comunidades ombrófobas de Cabo de Gata, y en las islas Columbretes (Llimona, com. litt.). *Opegrapha caesarensis, Sclerophyton circumscriptum* y *Lecanactis* aff. *wermeri* están escasamente representadas en la asociación.
c) *Características de unidades superiores*: Es de destacar la elevada presencia y recubrimiento de *Roccella phycopsis* y *Diploicia subcanescens*. Otras especies como: *Opegrapha subelevata, O. calcarea* y *Bactrospora patellarioides* son bastante raras. *Thelopsis isiaca* debe ser más frecuente de lo que en apariencia se podría pensar, por su escasa presencia en nuestros inventarios. Se trata de un taxon con un talo en general poco desarrollado, que puede quedar enmascarado por el talo de otros líquenes, por lo que pasa fácilmente desapercivido.
d) *Transgresivas*: Se encuentran algunas especies procedentes del suborden *Pertusarienalia leucosorae* Egea et LLimona 1987 como *Lecanora schistina, Hafellia leptocinoides, Protoparmelia montagnei, Pertusaria gallica*, etc.
e) *Acompañantes*: En general raras y reducidas a algunas especies nitrófilas, como *Xanthoria calcicola* o *Caloplaca irrubescens*, que penetran por los bordes de la comunidad.

Variabilidad

3.1.a **Dirinetum africanae** subas. **roccelletosum vicentinae** Egea et Llimona 1984.

Observada hasta la fecha sólo en las lavas ácidas del Cabo de Gata (SE de España), en lugares donde la humedad atmosférica y la influencia marina son muy elevadas y la termicidad invernal es excepcional. Su área debe extenderse a puntos de Canarias y SW de Marruecos.

Se caracteriza por la elevada presencia de *Roccella vicentina* y de algunos táxones incluidos en la alianza *Lecanorion montagnei*, como: *Ramalina rosacea, R. requienii* y *R. tingitana*. Esta comunidad recuerda por su fisionomía, a la asociación *Roccelletum tinctoriae*.
b) En el SE de España (Egea et Llimona 1984), puede distinguirse claramente una variante fotófila de la asociación típica, donde son frecuentes las especies transgresivas de la alianza *Lecanorion montagnei* Llimona 1987 in Egea et Llimona 1987.

Observaciones: Para la elaboración de este estudio, se ha realizado una revisión de todo el material de *Dirina*, depositado en le herbario de la Universidad de Murcia (MUB). Comprobamos que todos los ejemplares citados como *D. massiliensis* var. *"schistosa"*, excepto los recolectados sobre rocas silíceas del Cabo de Palos, en Murcia, presentaban esporas mayores que las que se citaban en la bibliografía para *D. massiliensis* (Tehler 1983). Enviamos algunos de estos ejemplares al Dr. Tehler (Estocolmo), quién nos confirmó, aunque con ciertas reservas, que se trataba de *D. paradoxa* subsp. *africana*. Nosotros no encontramos ningún carácter diferencial que permita distinguir entre las poblaciones de Canarias, denominadas como *D. paradoxa* subsp. *africana* (Tehler 1983), y las poblaciones de la Región Mediterránea que habíamos llamado con el mombre de *Dirina repanda* var. *"schistosa"* (Egea et Llimona 1984, Egea et al. 1987, Llimona et Egea 1984). Por tanto, pensamos que ambos nombres hacen referencia al mismo taxon. Llimona y colaboradores, en el libro de resumenes del VII Simposio Nacional de Botánica Criptogámica, celebrado en Madrid en 1986, mencionan de las areniscas rojas del Bajo LLobregat (Barcelona), una comunidad integrada por *Dirina massiliensis* var. *schistosa*, *Roccella phycopsis*, *Solenopsora holophaea*, *Gyalecta schisticola* y *Opegrapha* gr. *lutulenta* (= *O. subelevata*). Por otro lado, Egea et Llimona (1984) citan, en la distribución de la asociación *Dirinetum schistosae*, su presencia en las areniscas del Bundsandsteim de Valencia, Castellón, Tarragona, Bajo Llobregat y Cabo de Creus. Sería necesario hacer un estudio detallado del taxon denominado como *Dirina schistosa* en la mitad septentrional de la Región Mediterránea y levantar nuevos inventarios en dicha área, para precisar con exactitud si estas poblaciones pertenecen o no a la asociación *Dirinetum africanae*.

3.2. **Lecanactino plocinae-Dirinetum sorediatae** Egea et Rowe 1987

Ecología y distribución: Se encuentra relegada a las oquedades de rocas, concavidades y pequeñas cuevas orientadas al norte, sobre areniscas y esquistos de consistencia variable. Conocida de zonas costeras y montañas sublitorales de Cádiz (España) y Tánger (Marruecos), en el piso termomediterráneo con ombroclima subhúmedo.

Composición florística

a) *Características de la asociación*: En base a la descripción original (Egea et Rowe 1987), las especies que mejor caracterizan la asociación son: *Schismatomma hafellneri* y *Lecanactis premnea* var. *saxicola* (= *L. plocina* auct.), ya que no están presentes en ningún otro sintaxon de la clase. *Buellia saxorum* y *Rinodina subglaucescens* son especies de mayor valencia sintaxonómica, que poseen aquí una presencia muy elevada. La primera de ellas puede utilizarse como diferencial frente a otras asociaciones de la alianza. La segunda se ha incluido como diferencial de la alianza.

TABLA 10. As. Sclerophytetum circumscriptae

Nº de orden	1	2	3	4		
Altitud	-	-	20	40		
Superficie (dm²)	200	25	80	100		
Orientación	NE	NW	E	E		
Inclinación (°)	-	90	120	115		
Recubrimiento (%)	60	-	100	70		
Nº de especies	10	8	7	5		
Características de la asociación						
Arthonia endlicheri	.	1	.	.	II	0.62
Chiodecton petreum	2.2	.	.	.	II	3.75
Características de la alianza Lecanactidion monstrosae						
Scherophyton circumscriptum	2.2	3.3	1.1	2.2	V	23.12
Lecanactis grumulosa var. monstrosa	.	2.2	.	+	III	3.77
Características del orden Roccelletalia fuciformis						
Roccella fuciformis	1.+	.	.	.	II	0.62
Roccella vicentina	.	.	1.1	.	II	0.62
Opegrapha conferta	.	.	.	1.1	II	0.62
Características de la clase Roccelletea phycopsis						
Roccella phycopsis	2.1	.	1.2	+	IV	4.40
Dirina masiliensis f. soriedata	.	.	1.1	1.1	III	1.25
Transgresivas de las poblaciones de Roccella y Ramalina incrassata						
Ramalina siliquosa	+.1	1.1	.	.	III	0.65
Ramalina s. var. crassa	.	.	+	.	II	0.02
Transgresivas del suborden Pertusarienalia leucosorae						
Hafellia leptoclinoides	+	.	2.2	.	III	3.76
Lecanora gangaleoides	+	1	.	.	III	0.65
Pertusaria flavicans	.	+	.	.	II	0.02
Protoparmelia psarophana	3.3	2.1	.	.	III	13.12
Rinodina subglaucescens	.	.	+	.	II	0.02
Tephromela atra	.	+.1	.	.	II	0.62
Acompañantes						
Diploicia canescens	.	.	1.1	1.1	III	1.25
Lecania tenera	3.3	.	.	.	II	9.37
Lecanora orosthea	1.2	.	.	.	II	0.62

Localidades de los inventarios

Gran Bretaña

Channel Islands, Alderney (Inv. 1, James 1975)
Isles of Scilly, St Mary (Inv. 2, James 1966)

España. Galicia

Coruña. Corrubedo. Cacholas (Inv. 3,4)

b) *Características de unidades superiores*: *Dirina massiliensis* f. *sorediata*, se encuentra presente en todos los inventarios realizados de la asociación (Egea et Rowe 1987, tb 2), con un recubrimiento muy elevado. *Opegrapha lutulenta* es la única especie de la alianza que se encuentra bien representada. Otras especies presentes son: *Dirina paradoxa* subsp. *africana*, *Roccella vicentina*, *R. fuciformis* var. *fuciformis* y *R. phycopsis*.
c) *Transgresivas*: En los lugares más iluminados y menos protegidos de la lluvia, penetran algunas especies del suborden *Pertusarienalia leucosorae* como: *Lecanora schistina*, *L. gangaleoides*, *Hafelia leptoclinoides* etc.
d) *Acompañantes*: *Lepraria incana* se muestra como una de las acompañantes más fieles en esta comunidad, en particular, cuando se trata de rocas porosas rezumantes o con la superficie fisurada.

Observaciones: véase *Lecanactis premnea* var. *saxicola* y *Schismatomma hafellneri*, en discusión taxonómica.

3.3. **Sclerophytetum circumscriptae** P. D. James, Hawksworth et Rose 1977

Ecología y distribución: En oquedades de rocas silíceas marítimas protegidas de la lluvia. Restringida a las costas del sur y oeste de las Islas Británicas, de donde se extiende hasta el noroeste de la P. Ibérica. Su área queda limitada, por tanto, al litoral del centro y sur de la Región Eurosiberiana, en el piso colino.

Composición florística.
a) *Características de la asociación*: En nuestra opinión, y tomando como referencia la descripción original de la asociación (James et al. 1977) y dos inventarios (tabla 10) tomados por nosotros en La Coruña (España), las especies que mejor pueden caracterizar a la asociación son: *Chiodecton petraeum* y probablemente, *Arthonia endlicheri*. Ambas especies son desconocidas de las comunidades de rocas ácidas de la Región Mediterránea y Macaronésica. *Lecanactis dilleniana* puede ser considerada como diferencial, ya que penetra en otras comunidades del interior de centroeuropa.
b) *Características de la alianza Lecanactidion monstrosae*: Junto a *Sclerophyton circumscriptum* se encontraría, como especies más frecuentes: *Opegrapha caesarensis* y, de forma ocasional, *Lecanactis grumulosa* var. *monstrosa*.
c) *Características de unidades superiores*: Están presentes algunas especies como: *Roccella phycopsis*, *Dirina massiliensis* f. *sorediata* y *Chiodecton myrticola*.
d) *Transgresivas*: Al igual que otras asociaciones de la alianza, parecen frecuentes las especies transgresivas del suborden *Pertusarienalia leucosorae*.

Observaciones: Todos los inventarios realizados en la Región Mediterránea y Macaronésica, ricos en *Sclerophyton circumscriptum*, poseen una composición florística distinta a la asociación descrita por James et al. (1977) para las Islas Británicas.

Por otro lado, en base a la descripción original, la asociación *Sclerophytetum circumscriptae*, queda como un conjunto heterogéneo, difícil de interpretar. Entre

TABLA 11. As. **Lecanactino-Dirinetum** insulanae ass. nova

Nº de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Nº de registro	670	669	640	651	663	666	637	630	646	665	655	657	658	659	664	641	652		
Altitud (m)	25	15	250	150	15	10	80	120	30	15	100	20	30	5	10	250	10		
Superficie (dm²)	100	60	40	20	30	100	200	60	30	30	30	25	120	100	80	60	150		
Orientación	NE	N	NE	N	NW	NE	NE	N	NE	NE	N	N	N	N	N	N	N		
Inclinación (°)	100	130	140	120	130	90	100	120	120	130	130	110	90	110	140	130	90		
Recubrimiento (%)	100	90	90	80	60	90	100	100	95	40	90	50	100	90	80	80	80		
Nº de especies	12	8	10	11	4	7	9	11	9	7	4	4	11	7	11	11	11		
Características de la asociación																			
Dirina insulana	2.3	1.1	2.3	1.1	1.1	2.2	3.3	1.1	2.2	.	.	.	3.4	.	.	2.3	1.1	IV	9,55
Dirina insulana f. sorediata	+	1.2	1.1	1.1	2.2	2.2	1.1	1.1	.	2.2	2.3	1.2	.	1.1	1.1	.	.	IV	4,71
Opegrapha circumducta	1.1	+	.	.	.	.	.	.	1.1	3.3	.	.	.	.	.	.	.	II	2,50
Llimonaea occulta	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Características de la alianza Lecanactidion monstrosae																			
Lecanactis grumulosa var. monstrosa	1.1	.	1.1	.	.	3.3	1.1	+	.	.	.	1.1	1.1	4.4	.	.	.	III	6,62
Sclerophyton circumscriptum	.	.	.	.	.	.	2.2	3.3	+	1.1	.	.	.	.	1.1	.	+	II	3,39
Opegrapha lutulenta	.	2.3	1.1	.	.	.	.	.	2.2	.	.	.	.	.	+	.	.	II	1,91
Lecanactis aff. werneri	+	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	I	0,30
Características del orden Roccelletalia fuciformis																			
Roccella vicentina	2.2	1.1	+	+	.	.	2.2	.	.	.	+	.	+	+	+	1.1	2.2	IV	2,97
Roccella fuciformis	1.2	.	1.1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	1.1	II	1,32
Roccella tuberculata	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1.1	I	0,30
Características de la clase Roccelletea phycopsis																			
Roccella phycopsis	+	2.2	.	.	.	1.1	+	.	1.1	1.1	.	.	1.1	.	1.1	+	2.2	III	2,51
Thelopsis isiaca	.	.	+	2.2	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	II	1,32
Bactrospora patellarioides	.	.	2.2	1.1	+	.	.	.	1.2	.	2.2	1.1	.	1.1	.	2.2	.	III	3,24
Diploicia subcanescens (dif.)	1.2	.	.	1.1	.	1.1	.	+	.	1.1	.	.	1.1	+	1.1	.	1.2	III	1,04
Dirina massiliensis f. sorediata	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	0,14
Chyodecton myrticola	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	0,01
Transgresivas de la alianza Roccellion tinctoriae																			
Roccella canariensis	+	.	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	II	0,30
Roccella fuciformis var. maderensis	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1.1	.	I	0,15
Acompañantes																			
Caloplaca crenularia	.	+	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	II	0,16
Belonia sp.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	+	I	0,15
Pertusaria rupestris	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	1.2	.	.	II	0,16
Gyalecta sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.1	.	+	.	.	+	II	0,16
Buellia stellulata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	I	0,01
Gyalecta jenensis	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	I	0,01
Caloplaca conversa	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	I	0,01
Ramalina requienii	+	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I	0,16

Presentes en un inventario

Hyperphyscia adglutinata (+, Inv. 4); Lecania turicensis (+, Inv. 4); Caloplaca irrubescens (1.1, Inv. 4); Bacidia inundata (+, Inv. 8); Rinodina subglaucescens (+, Inv. 13); Sphinctrina turbinata (+, Inv. 13); Rinodina oxydata (+, Inv. 13); Lecanora schistina (+, Inv. 13); Rinodina gennarii (+, Inv. 15); Pertusaria gallica (+, Inv. 16); Xanthoria calcicola (+, Inv. 16).

Localidades de los inventarios:

Portugal. Madeira

Entre Punta de San Jorge y Punta de Santana (Inv. 1, 2)
San Vicente (Inv. 5, 6, 10, 15)
Machico, Pico do Facho (Inv. 3, 16)
Punta de San Lorezo (Inv. 9)
Ribeira Brava (Inv. 4)
Porto Moniz (Inv. 17)
Degolada (Inv. 11)
Desembocadura de la Ribeira de Faial (Inv. 12, 13, 14)

Portugal. Estremadura

Sintra, Cabo Roca (Inv. 8)

Marruecos

Sidi Ifni (Inv. 7)

las especies más características se citan un buen número de táxones, (*Caloplaca arnoldii, C. littorea., Catillaria littorella, Lecanora schistina, Rinodina subglaucescens* etc.), que no están representados en la tabla de inventarios y que deben considerarse, según nuestras observaciones, como transgresivas de otras comunidades o, a lo sumo, como diferenciales locales. Junto a estas especies, hay un núcleo importante de especies como: *Lecanactis monstrosa, Opegrapha caeserensis, Dirina massiliensis* f. *sorediata, Roccella phycopsis*, etc, que son las que nos han llevado a incluir la asociación en el esquema sintaxonómico que proponemos.

3.4. **Lecanactino monstrosae-Dirinetum insulanae** ass. nova

Ecología y distribución: Sobre rocas volcánicas, en paredes superverticales, oquedades, techos y pequeñas cuevas. Conocida de Madeira, Sidi Ifni (Marruecos) y Cabo de Roca (Portugal). Es probable su presencia en otras áreas de la Región Macaronésica e Islas del noroeste de España, al sur de la Región Eurosiberiana.

Tabla 12. As. Lecanactino-Dirinetum insulanae

Parámetos sintéticos	RMG %	DR %	Q	DQ %	Ψ	
Características de:						
Asociación	16.77	38.90	1.76	20.35	1.91	Grupo de especies
Al. Lecanactidion monstrosae	12.22	28.35	1.23	14.22	1.99	bien adaptadas
O. Roccelletalia fuciformis	4.59	10.65	1.12	12.95	0.82	Grupo de especies
Cl. Roccelletea phycopsis	8.26	19.16	2.06	23.81	0.80	medianamente adaptadas
Transgresivas:						
Al. Roccellion tinctoriae	0.45	1.04	0.41	4.75	0.22	Grupo de especies
Acompañantes	0.82	1.90	1.41	16.30	0.12	totalmente adaptadas

Nº de inventarios: N = 17
Nº total de especies: n = 34
Nº medio de especies por inventario: m = 8.65
RMG del conjunto de especies inventariadas: RMG = 43.11

Composición florística.

a) *Características de la asociación*: Se caracteriza por la elevada presencia y recubrimiento de *Dirina insulana* y *D. insulana* f. *sorediata*. Otras especies como:

Opegrapha circumducta, y *Llimonaea occulta* están escasamente representadas, pero son exclusivas de esta asociación (vease Apéndice). En conjunto, forman un grupo de especies bien adaptadas (tablas 11 y 12).
b) *Características de la alianza Lecanactidion monstrosae*: *Lecanactis grumulosa* var. *monstrosa*, *Sclerophyton curcumscriptum* y *Opegrapha lutulenta*, son las especies mejor representadas en la asociación. *Lecanactis* aff. *werneri*, aparece de forma ocasional, mientras que *Opegrapha caesarensis*, no se ha recogido en ningún inventario, aunque es probable que conviva con las especies anteriores en las poblaciones del Cabo de Roca, en Portugal.
c) *Características de unidades superiores*: Las especies más constantes, entre las características de orden y clase son: *Roccella vicentina*, *Thelopsis isiaca* f. *saxicola*, *Roccella phycopsis*, *Bactrospora patellarioides* y *Sclerophytum circumscriptum*.
d) *Transgresivas*: Algunas especies de la asociación *Roccelletum tinctoriae*, como: *Roccella canariensis* y *R. maderense*, pueden penetrar con relativa frecuencia en esta comunidad, pero siempre en los lugares más iluminados.

Observaciones: En la Isla de Ons (Pontevedra, España), se han observado poblaciones integradas por: *Dirina insulana*, *D. massiliensis* f. *sorediata*, *Lecanactis monstrosa*, *Llimonaea occulta*, *Opegrapha caesarensis*, *O. conferta*, *Roccella phycopsis* y *Sclerophyton circumscriptum*, que indudablemente corresponden a la asociación *Lecanactino monstrosae-Dirinetum insulanae*.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento, por la corrección del manuscrito, a los Drs.: Follmann (Köln), X. Llimona (Barcelona), P.L. Nimis (Trieste), S. Rivas Martinez (Madrid) y C. Roux (Marsella). Sus notas y consejos han sido de gran ayuda en la redacción final del manuscrito. De igual modo agradecemos la ayuda prestada a todas los compañeros y amigos que nos han acompañado en las distintas compañas de prospecciones liquenológicas realizadas.

Este trabajo se enmarca dentro del Proyecto de Investigación Nr PB87-0691 financiado por la D.G.I.C.Y.T.

BIBLIOGRAFIA

Aptroot A. 1989. *Contribution to the Azores lichen flora*. Lichenologist, 21: 59-65.

Atienza V. 1982. *Aportación al estudio de los líquenes valencianos: Los epífitos de la Sierra de la Murta*. Tesina Universidad de Valencia.

Bahillo L., M. E. Lopez de Silanes et R. Carballal. 1987. *Flora liquénica de los roquedos marítimos gallegos*. Act. VI Simp. Nac. Bot. Cript., 361-370. Granada.

Barkman J.J. 1958. *Phytosociology and ecology of criptogamic epiphytes*. Assen. 628 pp.

Barkman J.J., J. Moravec et S. Rauschert. 1986. *Código de nomenclatura fitosociológica*. Vegetatio, 67 (3).

Boqueras M. et A. Gomez-Bolea. 1987. *La vegetación liquénica epifítica de Quercus suber L. en Catalunya (España).* Act. VI Simp. Nac. Bot. Cript., 371-382.

Bouderesque C.F. 1970. *Recherches sur les concepts de biocoenose et du continuum au niveau de peuplements benthiques sciaphiles.* Vie et Milieu, 21 (1B): 103-136.

Bouderesque C.F. 1971. *Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos).* Tethys,3(1):79-104.

Bricaud O. et CL. Roux. (en prensa). *Champignons lichénisés et lichénicoles de la France meridionale: espèces nouvelles et intéressantes (IV)*: Bull. Soc. linn. Provence, 41.

Casares M. 1984. *Investigaciones liquenológicas en las rocas carbonatadas de la provincia de Granada.* Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Inéd.

Casares M. et X. Llimona. 1986. *La clase Verrucarietea nigrescentis Wirth 1980 en las calizas béticas de la provincia de Granada.* Cryptogamie. Bryol. Lichénol., 7(2): 103-127.

Clauzade G. 1970. *La végétation lichénique des iles et ilots de Marseille.* Portug. Acta Biol., 11(1-2): 1-38.

Clauzade G. et C. Roux. 1975. *Etude écologique et phytosociologique de la végétation lichénique des roches calcaires non altérés dans les régions méditerranéenne et subméditerranéenne du sud-est de la France.* Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, 35: 153-208.

Clauzade G. et C. Roux. 1985. *Likenoj de Okcidenta Eúropo.* Bull. Soc. Bot. du Centre-Ouest. N. Sér. N°Spéc.: 7, 893 pp.

Crespo A. et A.G. Bueno. 1984. *Flora liquénica epifítica de Cádiz. I. Los alcornocales de las Sierras de Algeciras.* Anal. de Biol., 1. (Sec. Esp., 1) 1984. Universidad de Murcia. 219-231.

Crespo A., E. Barreno et V. Vazquez. 1979. *Buellia subcanescens (Physciaceae) en el Norte de España.* Lazaroa 1: 139-141.

Creveld M. 1981. *Epilithic Lichen Communities in the Alpine Zone of Southern Norway.* Bibliotheca Lichenologica. 288 pp. Cramer. Vaduz.

Du Rietz G.E. 1925. *Gotlaendische Vegetationsstudien.* Svenska Växtsociol. Sällsk. Handlingar, 2: 1-65.

Egea J.M. 1989. *Prospecciones liquenológicas en Africa del Norte. III. Líquenes saxícolas del Cabo Tres Forcas (Nador, Marruecos) y Cabo Falcón (Orán, Argelia).* Collect. Bot. 17 (2): 183-189.

Egea J.M. et X. Llimona. 1981a. *Claves analíticas de los líquenes de rocas silíceas no volcánicas del S.E. de España.* Anal. Univer. Murcia. Ciencias, 37(1-4): 183-218.

Egea J.M. et X. Llimona. 1981b. *Líquenes silicícolas de la Sierra de los Filabres y Sierra Alhamilla. (Almería, España).* Anal. Univ. Murcia. Ciencias, 37(1-4): 107-152.

Egea J.M. et X. Llimona. 1981. *Líquenes silicícolas de la Sierra del Relumbrar. (Oeste de Albacete, España).* Lazaroa, 3: 269-287.

Egea J.M. et X. Llimona. 1982. *Los líquenes silicícolas de la Sierra del Cabo de Palos; estudio florístico, fitosociológico y ecológico.* Acta Botánica Malacitana, 7: 11-38.

Egea J.M. et X. Llimona. 1984. *Las comunidades liquénicas ombrófobas de la costa del S.E. de España, comprendidas entre el Penyal D'Ifac (Alicante) y Almería.* Collect. Bot., 15: 205-219. Barcelona.

Egea J.M. et X. Llimona. 1987. *Las comunidades de líquenes de las rocas silíceas no volcánicas del SE de España.* Acta Bot. Barcin., 36: 123 pp.

Egea J.M. et J.G. Rowe. 1987. *Pertusarietum mammoso-gallicae y Lecanactino-Dirinetum somediatae. Dos nuevas asociaciones liquénicas rupícolas.* Anales J.Bot. Madrid, 44(1): 119-129.

Egea J.M. et J. G. Rowe. 1988. *Lichenological excursion in North Africa. I. Silicicolous lichens in Marocco.* Collect. Bot., 17(1): 27-45.

Egea J.M., C. Hernandez-Padron et X. Llimona. 1987. *Aportación al conocimiento de las comunidades de líquenes saxícolas de los pisos inferiores de Tenerife (Canarias),* Bull. Inst. Cat. Hist. Nat., 54(Sec. Bot. 6): 37-53.

Egea J.M., X. Llimona et M. Casares. 1982. *Aportación al conocimiento de la flora liquénica silicícola de la parte culminal de Sierra Nevada. I.* Collect. Bot., 13(1): 295-312.

Fink B. 1935. *The lichen flora of the United States.* Ann. Arbor. Univ. Michigan Press. 422 pp.

Follmann G. 1973. *Beobachtungen zum Vorkommen spanischer Flechten I. Der Formenkreis um Ramalina siliquosa (Huds.) A.L. Smith.* Philippia, 11(1): 3-12.

Follmann G. 1976. *Lichen flora and lichen vegetation of the Canary Islands.* In: G. Kunkel, Biogeography and Ecology in the Canary Islands. Dr. W. Junk B. V., The Hague. 267-286 pp.

Follmann G. et O. Klement. 1969. *Eine neue Felsbewohnende Opegraphacee von den Kanarischen Inseln.* Nova Hedwigia, 18: 819-826.

Gattefose J. et R.G. Werner. 1932. *Catalogus lichenum Maroccanorum adhuc cognitorum.* Bull. Soc. Sci. Nat. du Maroc, 11: 187-257.

Giralt M. et A. Gomez-Bolea. 1987. *Estudio fitosociológico de los líquenes epifíticos en la zona litoral del Tarragonés (Catalunya, España).* Act. VI Simp. Nac. Bot. Cript. 393-402. Granada.

Hawksorth D.L., James P.W. et B. Coppins. 1980. *Check-list of British lichen-forming, lichenicolous and allied fungi.* Lichenologist, 12(1): 1-115.

Hernández-Padrón C. 1987. *Flora y vegetación liquénica epífita de los sabinares herreños.* Bibliotheca Lichenologica, 27.

Hernández-Padrón C., Sánchez Pinto L. et G. Follmann. 1987. *Zur Kenntnis der Flechtenflora und Flechtenvegetation der Kanarischen Inseln VII. Arealtypen und Verbreitungsmustern einiger Neufunde.* Cour. Forschungsinst. Senckenberg, 95: 189-199.

James P.W., D.L. Hawksworth et F. Rose. 1977. *Lichen communities in the British Isles.* In: Seaward M.R.D. Lichen Ecology. Academic Press. 293-413 pp.

Klement O. 1955. *Prodromus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften.* Beih, Feddes Repert., 135: 5-194.

Klement O. 1965. *Flechtenflora und Flechtenvegetation der Pityusen.* Nova Hedwigia, 9: 435-501.

Klement O. 1965. *Zur Kenntnis der Flechtenvegetation der Kanarischen Inseln.* Nova Hedwigia, 9: 503-582.

Krog H. et H. Osthagen. 1980. *The genus Ramalina in the Canary Islands.* Norw. J. Bot., 27: 255-296.

Lettau G. 1932. *Monographische Bearbeitung einiger Flechtenfamilien 1.* Lief. Fedde Rep. Spec. Nov. Beih., 69: 1-250. Berlin-Dahlem.

Llimona X. 1975. *Xanthoria resendei. Poelt et Tav. en el SE de España; fitosociología y corología.* Anal. Inst. Bot. Cavanilles, 32(2): 909-922.
Llimona X. et J.M. Egea. 1984. *La vegetación liquénica saxícola de los volcanes del Mar Menor (Murcia, SE de España).* Bull. Inst. Cat. Hist. Nat., 51 (Secc. Bot. 51): 77-99.
Llimona X., N. Hladun et A. Gómez-Bolea. 1984. *La vegetació liquénica de les Illes Medes.* In: Ros, J. (ed.), Els sistemes naturales de les illes Medes. Arx. Secció de Ciénciés. Barcelona.
Llimona X., Egea J. M. et P. Torrente. (en prensa). *Flora y Vegetación liquénica de las lavas del Cabo de Gata (Almería, SE de España).* Bull. Inst. Cat. Hist. Nat. (Secc. Bot.).
Maheu J. et A. Gillet. 1922. *Contribution a la connaissance de la lichénologie espagnole.* Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 22: 349-357.
Masse L. 1966. *Flore et végétation lichéniques des Iles Glénan (Finistère).* Rev. Bryol. et Lichénol, 34: 854-927.
Meusel, H., E. Jager et E. Weinert. 1965. *Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora.* Gustav Fischer Verlag. Jena.
Mayhofer H. 1984. *Die saxicolen Arten der Flechtengattungen Rinodina und Rinodinella in der alten Welt.* Journ. Hattori Bot. Lab., 55: 327-493.
Nimis P.L. et J. Poelt. 1987. *The lichens and lichenicolous fungi of Sardinia.* Studia Geobot., 7(1): 1-269.
Nimis P. L., M. Monte et M. Tretiach. 1987. *Flora e Vegetazione lichenica di aree archeologiche del Lazio.* Studia Geobotanica, 7: 3-161.
Nowak J. 1960. *Saxicolous associations of the lichens of Cracow-Czestochowa Upland.* Fragm. Flor. Geobot., 6(3): 323-392.
Nylander W. 1867. *Addenda nova ad lichenographiam europaeam. Continuatio Sexta.* Flora, 50(24): 374.
Ozenda P. et G. Clauzade. 1970. *Les Lichens. Etude Biologique et Flore Illustrée.* 801 pp. Masson et Cie. Paris.
Pentecost A. et B. Coppins. 1983. *Key to Opegrapha in Great Britain.* Bull. Brit. Lich. Soc., 53: 27-35.
Poelt O. 1969. *Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten.* Cramer. Berlin. 757 pp.
Poelt J. et A. Vezda. 1977. *Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Ergänzungsheft. I.* J. Cramer. Vaduz. 258 pp.
Poelt J. et A. Vezda. 1981. *Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Ergänzungsheft. II.* J. Cramer. Vaduz. 390 pp.
Redinger K. 1938. *Graphidaceae.* In Rabenhorst's Kryptogamenflora, 9(2-1): 181-404. Leipzig.
Renobales G. 1987. *Hongos liquenizados y liquenícolas de las rocas carbonatadas en el oeste de Vizcaya y parte oriental de Cantabria.* Tesis doctoral ined. Univer. del Pais Vasco.
Rivas Martínez S. 1987. *Memoria del Mapa de Series de vegetación de España.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. I.C.O.N.A. Madrid.
Rondon Y. 1969. *Contribution à l'étude des lichens de l'ile de Créte.* Revista Fac. Ciénc. Lisboa, 16(1): 105-117.
Rondon Y. 1970. *Contribution à l'étude des lichens du Péloponèse.* Port. Acta Biologica, 11(1-2): 38-50.

Rondon Y. 1972. *Aperçu sur la végétation lichénique de l'ile de Port-Cros II. Les lichens rupicoles.* Ann. Soc. Sc. Nat. Arq. Toulon et du Var., 67-72.
Roux C. 1978. *Complément à l'étude écologique et phytosociologique des peuplements lichéniques saxicoles-calcicoles du SE de la France.* Bull. Mus. Hist. Nat. (Marseille), 38: 65-186.
Roux C. 1979. *Etude écologique et phytosociologique des peuplements lichéniques saxicoles-calcicoles du Sud-Est de la France.* Tesis doct. Univ. Pierre et Marie Curie. Paris.
Roux C. 1981. *Etude ecologique et phytosociologique des peuplements licheniques saxicoles-calcicoles du Sud-Est de la France.* Bibliotheca Lichenologica, 15
Rowe J.G. et J.M. Egea. 1986. *Líquenes silicícolas de las sierras costeras occidentales de la comarca de Algeciras (Cádiz, S. de España).* Acta Botánica Malacitana, 11: 55-74.
Rowe J. G. et J. M. Egea. 1987. *Líquenes de parque Natural de Grazalema. I: Silicícolas.* Acta Bot. Malacitana, 13: 279-298.
Sánchez-Pinto L. 1978. *Contribución a la flora liquénica de las Islas Salvajes.* Aula de Cultura de Tenerife, 73-78.
Sancho L. G. et A. Crespo. 1987. *Consideraciones taxonómicas acerca del género Protoparmelia Choisy en el Sistema Central (España).* Act. VI Simp. Nac. Bot. Cript.., 441-449.
Santesson R. 1984. *The lichens of Sweden and Norway.* Stockholm et Uppsala.
Tavares C.N. 1941. *Algunas especies de liquenes novas para os Açores.* Bol. Soc. Portu. Cien. Nat., 13(2): 232-234.
Tavares C.N. 1952. *Contribution to the lichen flora of Macaronesia. I: Lichens from Madeira.* Portug. Acta. Biol., 3: 308-391.
Tavares C.N. 1955. *Enterographa insulana C. Tav.* In Lichenes Lusitaniae Sel. Exs. 3: 1, nº 53.
Tehler A. 1983. *The genera Dirina and Roccellina (Roccellaceae).* Opera Bot., 70: 1-86.
Tehler A. 1985. *Roccellina jamesii Tehler sp. nov. and Dirina insulana (C. Tav.) Tehler (Roccellaceae) from Ascension Island.* The Bryologist, 88(2): 131-134.
Torrente P. et J.M. Egea. 1989. *La familia Opegraphaceae en la Región Mediterránea de la Península lbérica y Norte de Africa.* Bibliotheca Lichenologica. J. Cramer. Stuttgart.
Werner R. G. et R. Deschatres. 1970. *Nouvelle contribution à l'étude des lichens de la Corse.* Bull. Soc. Bot. France 117: 261-282.
Wirth V. 1969. *Neue und wenig beobachtete Silikatflechten-gemeinschaften Mitteleuropas.* Herzogia, 1: 195-208.
Wirth V. 1972. *Die Silikatflechten- Gemeinschaften in ausseralpinen Zentraleuropa.* Dissert. Bot. 306 pp. Cramer.
Wirth V. 1980. *Flechtenflora.* Ulmer Stuttgart. 552 pp.
Zahlbruckner A. 1910. *Vorarbeiten zur einer Flechtenflora Dalmatiens.* Wien.

Author's Address:

Prof. José M. EGEA
Universidad de Murcia
Departamento de Biologia Vegetal (Botanica)
Murcia - Spain

Apendice I. Esquema sintaxonómico detallado de la clase provisional Roccelletea phycopsis

<table>
<tr><td colspan="7">Clase provisional "Roccelletea phycopsis"
Bactrospora patellarioides, Chiodecton myrticola (?), Diploicia subcanescens (dif.), Dirina massiliensis, f. sorediata, Opegrapha subelevata, Roccella phycopsis, Thelopsis isiaca (incl. f. saxicola)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Orden provisional "Dirinetalia massiliensis"
Caloplaca velana var. schaereri (dif.)
Dirina massiliensis, Opegrapha calcarea (dif.)
O. mougeotii, O. variaeformis</td><td colspan="5">Orden provisional "Roccelletalia fuciformis"
Opegrapha conferta, Roccella fuciformis var. fu., R. vicentina, R. tuberculata</td></tr>
<tr><td colspan="2">Alianza Roccellion phycopsis
Lecanactis grumulosa var. gr., Lecanactis sp., Opegrapha rupestris (dif.), Roccella arnoldii</td><td>Alianza Roccellion tinctoriae
Ramalina decipiens, R. rosacea (dif.)
Roccella boergesenii, R. canariensis, R. maderensis, R. teneriffensis, R. tinctoria</td><td colspan="4">Alianza provisional "Lecanactidio monstrosae"
Lecanactis grumulosa var. monstrosa, L. aff. werneri, Opegrapha caesarensis, O. dialeuca (?)
O. lutulenta, Rinodina subglaucescens (dif.), Sclerophyton circumscriptum</td></tr>
<tr><td>As. Dirinetum repandae
Igual a la alianza
Dirina inmersa</td><td>(?)Pobl. de Opegrapha durieui
Opegrapha durieui
Arthonia meridionalis
Opegrapha aff. caesarensis</td><td>As. Roccelletum tinctoriae
Igual a la alianza</td><td>As. Dirinetum africanae
Dirina paradoxa subsp. africana, D. p. subsp. a. f. sorediata, Enterographa zaborskiana, Lecanactis werneri</td><td>As. Lecanactino plocinae-Dirinetum sorediatae
Schismatomma hafelneri, Lecanactis premnea var. saxicola, Buella saxorum</td><td>As. Sclerophytetum circumscriptae
Arthonia endlicheri
Chiodectum petraeum</td><td>As. Lecanactino monstrosa Dirinetum insulanae
Dirina insulana, D. i. f. sorediata, Llimonaea occulta, Opegrapha circumducta</td></tr>
</table>

Apendice II. Matriz de presencia y recubrimiento de todas las especies en cada una de las unidades fitosociológicas operativas consideradas

1. Dirinetum repandae roccelletosum (Clauzade et Roux 1975).- 2. Dirinetum repandae (roccelletosum) (Egea et Llimonae 1984).- 3. Dirinetum repandae roccelletosum (Casares 1984).- 4. Dirinetum repandae roccelletosum (en este estudio).- 5. Dirinetum repandae dirinetosum (Clauzade et Roux 1975).- 6. Dirinetum repandae dirinetosum (Casares 1984).- 7. Dirinetum repandae opegraphetosum (Egea et Llimona 1984).- 8. Comunidad de Opegrapha durieui (en este estudio).- 9. Roccelletum tinctoriae (Klement 1966).- 10. Roccelletum tinctoriae (en este estudio).- 11. Comunidad de Roccella y Ramalina incrassata (Massé 1966).- 12. Dirinetum "schistosae" (Egea et Llimona 1984).- 13. Diritum africanae (en este estudio).- 14. Dirinetum "schistosae" roccelletosum (Egea et Llimona 1984).- 15. Sclerophytetum circumscriptae (James et al. 1977).- 16. Lecanactino-Dirinetum sorediatae (Egea et Rowe 1987).- 17. Lecanactino-Dirnetum insulanae (en este estudio)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Bactrospora patellarioides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 1.88	.	.	I 0.2	.	.	I 0.38	III 3.24	Características y diferenciales de la clase provisional Roccelletea phycopsis
Chiodecton myrticola (?)	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	I 0.01	
Diploicia subcanescens (dif.)	.	I 0.22	.	.	.	.	.	III 0.90	.	V 6.25	.	II 2.98	III 2.73	I 0.35	.	I 0.20	III 0.25	
Dirina massiliensis f. sorediata	.	V 32.5	V 34.16	V 25	V 57.68	V 70.83	IV 11.87	II 4.29	.		.	.	.	.	III 1.25	V 14.03	I 0.14	
Opegrapha subelevata	.	.	.	I 0.1	.	.	. 0.17	I	.	.	.	.	III 0.03	.	.	.	.	
Roccella phycopsis	V 4.21	IV 11.37	V 13.27	V 2.30	.	.	II 3.75	II 3.39	.	III 6.58	V –	V 22.34	III 1.05	V 24.64	IV 4.40	III 2.52	III 1.78	
Thelopsis isiaca	.	II 0.68	.	II 0.25	.	.	II 0.62	III 3.93	.	II 4.71	.	I 0.15	I 0.20	.	.	.	II 1.18	
Caloplaca velana var. schaereri (dif.)	II 0.03	IV 3.42	.	III 0.70	.	.	IV 4.4	III 0.56	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Características y diferenciales del orden provisional Dirinetalia massiliensis
Dirina massiliensis	V 62.50	V 13.19	V 6.67	V 19.10	.	.	IV 5.0	IV 8.94	.	.	.	.	.	.	.	II 11.15	.	
Opegrapha calcarea (dif.)	I 0.01	II 2.95	III 0.03	II 0.25	.	.	IV 0.67	II 1.25	.	.	.	.	I 0.21	.	.	.	.	
Opegrapha mougeotii	.	I 0.01	.	.	II 0.03	.	II 0.62	I 1.25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Opegrapha variaeformis	.	.	.	.	.	.	.	IV 6.96	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Lecanactis grumulosa var. gr.	III 8.14	II 9.54	IV 12.53	IV 5.70	IV 16.96	V 1.67	IV 8.12	III 3.57	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Características y diferenciales de la alianza Roccellion phycopsis
Lecanactis sp.	.	.	.	.	I 0.23	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Opegrapha rupestris (dif.)	.	I 1.59	.	I 0.02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Roccella arnoldii	.	.	II 0.83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Dirina inmersa	.	.	.	IV 8.19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Arthonia endlicheri	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.62	.	.	Caract. asoc. Sclerophytetum circumscriptae
Chiodecton petraeum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 3.75	.	.	
Buellia saxorum (dif.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV 1.76	.	Carac. asoc. Lecanactino-Dirinetum sorediatae
Lecanactis premnea var. saxicola (dif.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV 5.41	.	
Schismatomma hafellneri	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV 4.28	.	
Dirina insulana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.32	.	.	.	.	.	.	IV 9.55	Carac. asoc. Lecanactino-Dirinetum insulanae
D. ins. f. sorediata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	IV 4.71	
Llimonaea occulta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	
Opegrapha circumducta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 2.50	
Acrocordia conoidea	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Transgresivas unidades sintaxonómicas del orden provisional Verrucarietalia parmigerae
Caloplaca subochracea var. subochr.	.	.	.	I 0.02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Caloplaca sub. var. luteococcinea	.	I 1.59	.	I 0.23	.	.	II 0.02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Catillaria lenticularis	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Gyalecta jenensis	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	
Porina linearis	.	III 4.31	.	II 0.03	.	.	.	II 0.37	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Porina oleriana var. ol.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.35	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Porina ol. var. ginzbergerii	.	.	.	II 0.03	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Solenopsora olivacea	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Verrucaria baldensis	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Aspicilia calcarea	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Transgresivas del orden Verrucarietalia
Caloplaca biatorina var. gyalole.	.	.	.	.	II 0.02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Caloplaca cirrochroa	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Caloplaca flavescens	II 0.02	I 0.23	II 0.03	I 0.02	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Caloplaca xantholyta	.	.	II 0.03	.	I 0.01	I 0.03	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Rinodina bischofii	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Arthonia meridionalis	.	.	.	.	.	.	.	III 1.97	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Características de la comunidad de Opegrapha durieui
Opegrapha aff. caesarensis	.	.	.	.	.	.	.	II 3.04	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Opegrapha durieui	.	.	.	.	.	.	V 35	V 16.79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Opegrapha conferta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	.	.	.	II 0.62	.	.	Características del orden provisional Roccelletalia fuciformis
Roccella fuciformis	.	.	.	.	.	.	.	.	IV –	III 4.07	V –	.	I 0.20	.	II 0.62	I 0.01	II 1.32	
Roccella vicentina	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	V 14.37	.	I 0.01	II 0.22	V 14.64	II 0.62	II 0.02	IV 0.62	
Roccella tuberculata	.	.	.	.	.	.	.	.	V –	II 0.32	.	.	.	.	.	.	I 0.30	
Ramalina decipiens (?)	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	Características de la alianza Roccellion tinctoria y asociación Roccelletum tinctoriae
Ramalina rosacea (?)	.	.	.	.	.	.	.	.	V –	V 1.58	.	II 0.15	I 0.20	III 1.42	.	.	.	
Roccella boergesenii (?)	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	.	.	.	.	.	.	.	.	
Roccella canariensis	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	V 11.56	.	.	.	.	.	.	II 0.30	
Roccella maderensis	.	.	.	.	.	.	.	.	II –	I 0.31	.	.	.	.	.	.	I 0.15	
Roccella tenerifensis (?)	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	
Roccella tinctoria	.	.	.	.	.	.	.	.	V	.	.	.	.	.	.	.	.	
Ramalina siliquosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	.	.	.	.	.	.	Características comunidad de Roccella y Ramalina incrassata
R. siliquosa var. crassa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	.	.	.	.	.	.	
Lecanactis grumulosa var. monstrosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.31	.	III 10.31	III 10.21	III 7.85	III 3.77	I 2.88	III 6.62	Características y diferenciales de la alianza provisional Lecanactidion monstrosae
Lecanactis aff. werneri	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.02	.	.	.	.	I 0.14	
Opegrapha caesarensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	
Opegrapha lutulenta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.03	.	.	IV 5.02	.	.	III 2.9	II 1.91	
Rinodina subglaucescens (dif.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	I 0.20	.	II 0.02	V 21.54	I 0.01	
Sclerophyton circumscriptum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	.	I 1.25	.	V 23.12	.	II 2.39	
Dirina paradoxa subsp. africana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 1.88	.	V 30.46	V 25.41	V 22.85	.	II 11.5	.	Características de la asociación Dirinetum africana
D. par. subsp. afri. f. sorediata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 3.60	IV 3.35	II 4.28	.	.	.	
Enterographa zaborskiana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	
Lecanactis werneri	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 1.66	.	.	.	.	

Transgresivas de la clase *Rhizocarpetea geographici*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Anaptychia runcinata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II –	.	.	.	.	.	.
Buellia dispersa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.
Buellia fimbriata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	I 0.01	V 1.58	.	II 2.31	.
Buellia subdisciformis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II –	.	.	.	.	III 0.41	.
Caloplaca crenularia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.33	.	I 0.46	II 0.63	.	.	IV 1.76	II 0.16
Caloplaca gloriae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.32	.	.	.	.	.	.	.
Caloplaca irrubescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.16	.	.	.	.	I 0.14
Caloplaca subpallida	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.15	.	.	.	.	.
Candelariella vitellina	.	.	.	.	.	.	.	.	II –	.	.	I 0.16	.	.	.	.	.
Diploicia canescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V –	.	.	.	II 1.25	.	.
Hafellia leptoclinoides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	III 3.13	I 0.21	I 0.35	III 3.71	II 1.35	.
Lecanora campestris	.	.	II 0.03	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecanora gangaleoides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	III –	.	.	I 0.35	III 0.65	II 0.20	.
Lecanora schistina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	III 4.84	I 0.41	III 4.64	III 13.12	III 6.73	I 0.01
Lecidella subincongrua	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	I 0.01	.	.	.	.	.
Parmelia pulla	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.40	.
Pertusaria dealbescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.40	.
Pertusaria flavicans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.62	.	.
Pertusaria gallica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.31	I 0.01	III 0.72	.	I 0.20	I 0.01
Pertusaria mammosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.20	.
Pertusaria monogona	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.	I 0.35	.	.	.
Pertusaria pertusa var. rupestris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.20	II 0.16
Pertusaria rupicola	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	.	.	.	.	I 0.01	.
Protoparmelia montagnei	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 2.19	.	II 2.50	.	.	.
Protoparmelia psarophana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.20	.
Ramalina clementeana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.37	.	.	.
Ramalia requienii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	I 0.18	.	II 2.15	.	.	I 0.16

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ramalina tingitana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV 3.57	.	.	.
Rhizocarpon geographicum	.	.	.	.	.	.	.	.	II –	.	.	.	.	.	.	.	.
Rinodina alba	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 2.18	.	I 0.94	I 0.01	.	.	.	.
Solenopsora holophaea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.
Tephromela atra	.	.	.	.	.	.	.	.	II –	.	II –	.	I 0.01	.	II 0.62	I 0.01	.
Transgresivas de la clase Leprarietea chlorinae																	
Lecanora orosthea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.62	.	.
Lecanora subcarnea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III 2.20	.
Lepraria incana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 3.65	.
Acompañantes																	
Bacidia inundata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01
Buellia lactea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.31	.	.	.	.	.	I 0.01	.
Buellia margantacea	.	.	II 0.03	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Buellia stellulata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01
Buellia squamulata	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Caloplaca aurantia	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Caloplaca chalybaea	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Caloplaca conversa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01
Caloplaca variabilis	.	.	II 0.03	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Caloplaca velana	.	.	IV 0.06	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Candelariella oleaginascens	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Catillaria chalybeia	.	.	.	.	.	.	.	II 0.02	.	.	.	I 0.02	.	.	.	.	.
Gyalecta schisticola	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Haematomma ochroleucum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	.	.	.	.	.	.
Hyperphyscia aglutinata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01
Lecania albariella f. nigra	I 0.02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecania inundata	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecania spadica	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Lecania tenera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 9.37	.	.
Lecania turicensis	.	I 0.22	.	I 0.01	.	.	II 0.02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.01
Lecanora albescens	.	I 0.22	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecanora congesta	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecanora crenulata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecanora poeltiana	.	.	II 0.06	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecanora pruinosa	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecanora sulphurella	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III 0.65	.	.	.	.	.	.	.
Leprocaulon microscopium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.
Ochrolechia androgyna	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	.	.	.	.	.	.
Parmelia perlata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	.	.	.	.	.	.
Parmelia reticulata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	.	.	.	.	.	.
Petractis thelothremella	.	.	.	.	.	.	.	I 1.07	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Physcia adscendens	.	.	III 0.03	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ramalina farinacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	.
Rinodina gennarii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01
Rinodina luridescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I –	.	.	.	.	.	.
Rinodina oxydata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II 0.62	.	.	.	.	.	.	I 0.01
Sphinctrina turbinata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01
Thelidium olivaceum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Toninia aromatica	.	.	.	I 0.01	.	.	.	I 0.01	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Xanthoria calcicola	.	.	IV 0.06	I 0.02	.	.	.	.	.	.	.	I 0.01	I 0.21	I 0.01	.	.	I 0.01

Acompañantes

STUDIA GEOBOTANICA
9: 152-250, 1989

BIOMONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO TRAMITE LICHENI.

STUDIO PRESSO UN INCENERITORE (MACERATA)

Dario GASPARO, Miris CASTELLO, Roberto BARGAGLI

Keywords: Air Pollution, Bioindicators, Lichens, Italy.

Abstract: *LICHENS AS BIOMONITORS OF AIR POLLUTION. A CASE STUDY AT MACERATA (ITALY).*
This study presents the results of a research carried out around an incinerator at Macerata (Central Italy), aiming at monitoring air pollution with the use of epiphytic lichens as bioindicators and bioaccumulators. Two main approaches have been adopted: 1) Indirect approach, based on the relative frequencies of epiphytic species; 2) Direct approach, based on measurements of metal concentrations in the lichen thalli. The two approaches are complementary: the former mainly gives information on pollutants with a long-range deposition, such as SO_2 and NO_x, the latter indicates the pollution by metals. The frequency of species within a 10-mesh grid of 30 x 50 cm has been recorded in 34 sampling stations (average 3 trees per station). The metal concentrations in the thalli of *Xanthoria parietina* have been recorded in 19 stations. Pollution maps have been constructed by programs of authomatic mapping. The results indicate that the incinerator should be considered as the main emitting source for the following metals: Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni. The main source for Pb is the vehicular traffic. Al is mostly of terrigenous origin. Most of the gaseous pollutants are probably produced by domestic heating.

INTRODUZIONE

PREMESSA

La crescente produzione di sostanze xenobiotiche e tossiche per l'uomo ha reso necessaria la ricerca di strumenti sempre più sensibili per il controllo dell'inquinamento.

L'inquinamento, ed in particolare quello atmosferico, è un fenomeno estremamente variabile nello spazio e nel tempo in dipendenza di numerosi fattori quali la direzione dei venti, l'orografia, il tipo di fonte inquinante.

Il presente lavoro è stato commissionato alla Cooperativa ECOTHEMA r.l. di Trieste dalla U.S.L. 15 di Macerata. Parziali finanziamenti sono stati ottenuti dal C.E.T.A. di Gorizia e da fondi M.P.I. 40 % e 60 % (resp. Prof. P.L. Nimis).

La corretta mappatura dell'inquinamento di una certa area implica uno studio condotto su base statistica, basato su una rete di punti di misura a densità elevata e sull'analisi di dati riferiti a prolungati periodi di tempo.

L'utilizzo delle centraline di rilevamento, indispensabile nel caso di aree soggette costantemente ad alti tassi di inquinamento atmosferico, quali i grandi centri urbani, non può risolvere completamente il problema del monitoraggio dell'inquinamento per diversi motivi:
- limitazione delle misure effettuate con centraline nello spazio e nel tempo, per ovvie ragioni economiche;
- difficoltà nell'utilizzo e nella sintesi dei dati raccolti;
- impossibilità di stimare gli effetti sinergici delle sostanze considerate.

Nella stima dell'inquinamento è importante valutare l'influenza delle numerose variabili ecologiche sull'ambiente: in quasi tutti gli studi di questo genere si usa ridurre la complessità delle situazioni limitando l'indagine ad alcune delle molte variabili che insieme formano l'ambiente. Utilizzando degli organismi viventi anzichè delle strumentazioni per l'analisi dello stato dell'ambiente si possono misurare effetti multipli su un organismo, un bioindicatore, che è già in sè un integratore di dati.

In questo lavoro vengono presentati i risultati di un'indagine sulla qualità dell'aria basata sull'utilizzo di licheni epifiti nei dintorni di un inceneritore di rifiuti ospedalieri, presunta fonte di inquinamento.

L'indagine è stata svolta nel periodo compreso tra agosto e novembre 1989 e si articola in quattro sezioni:

- *Rilevamento sul campo*
- *Analisi dei metalli pesanti*
- *Elaborazione dati*
- *Elaborazione cartografica*

L'approccio metodologico seguito in questo lavoro mira a ridurre al minimo gli elementi di soggettività nelle fasi di raccolta, elaborazione ed interpretazione dei dati. Per questo motivo lo studio è stato basato sia su dati indiretti (metodo floristico svizzero, vedi oltre) che su dati diretti di inquinamento (concentrazioni di metalli nei talli lichenici). Per i dati indiretti si è evitato di fare ricorso a stime soggettive di copertura o di abbondanza, utilizzate invece nella metodologia fitosociologica classica; le elaborazioni dei dati e lo studio della distribuzione delle specie sono stati effettuati in maniera completamente automatizzata, utilizzando programmi di cartografia computerizzata.

BIOMONITORAGGIO AMBIENTALE

Il monitoraggio dell'inquinamento mediante l'uso di organismi viventi prende il nome di Biomonitoraggio. Esso si basa sulle variazioni ecologiche indotte dall'inquinamento sull' ambiente; tali variazioni si manifestano in modo più o meno evidente a tre livelli diversi: accumulo delle sostanze inquinanti negli organismi; modificazioni morfologiche o strutturali degli organismi; modificazioni nella composizione delle comunità animali e vegetali.

Un buon indicatore biologico deve possedere le seguenti caratteristiche:
1. accertata sensibilità agli agenti inquinanti considerati
2. ampia distribuzione in tutto il territorio in esame
3. scarsa mobilità
4. ciclo vitale lungo
5. eventuale capacità di accumulo di sostanze inquinanti.

I licheni, ed in particolare quelli epifiti, sono in grado di fornire ottime indicazioni sulla qualità dell'ambiente, in quanto il loro metabolismo dipende essenzialmente dall' atmosfera.

Le principali caratteristiche che fanno dei licheni dei buoni indicatori dell'inquinamento atmosferico, sono riassumibili in 5 punti:

1) *Elevata capacità di assorbimento e di accumulo di sostanze prelevate dall'atmosfera.*

Mancando di aperture stomatiche ed essendo sprovvisti di cuticola, i licheni attuano gli scambi gassosi attraverso tutta la loro superficie: tale assorbimento si protrae notte e giorno per molti anni (Spampani, 1982; Puckett, 1988). Il metabolismo di questi organismi dipende quasi esclusivamente dalle deposizioni secche ed umide dall'atmosfera; è facile quindi comprendere perchè i licheni riescano ad accumulare a livelli facilmente apprezzabili quei contaminanti atmosferici persistenti (metalli, radionuclidi, idrocarburi clorurati, fluoruri, etc.) difficilmente misurabili in campioni di aria. Elementi nutritivi e contaminanti vengono assunti sotto forma gassosa, in soluzione o associati al particellato, come segnalato da Krouse (1977), Huckabee & Janzen (1975), Ramazaev et al. (1970), Tuominen & Jaakkola (1973), Nieboer et al. (1978), Brown & Beckett (1985).

2) *Resistenza agli stress ambientali.*

Stress idrico: in queste condizioni i licheni rallentano le proprie attività metaboliche per cui aumenta la loro resistenza ai contaminanti atmosferici. Tuttavia l'aridità protratta nel tempo provoca un deterioramento delle cellule gonidiali (Deruelle & Lallemant, 1983).

Stress termico: la resistenza a basse temperature permette un'attività continua, anche nel periodo invernale, quando i livelli di inquinamento atmosferico sono generalmente più elevati.

3) *Impossibilità di liberarsi periodicamente delle parti vecchie o intossicate.*
I licheni non hanno la possibilità di liberarsi delle sostanze contaminanti accumulate nel tallo tramite meccanismi di escrezione attiva, come avviene invece nel caso delle piante superiori.

4) *Lento accrescimento e grande longevità del lichene.*
La lentezza del metabolismo sembra la causa della maggior resistenza nei centri cittadini dei licheni crostosi rispetto a quelli foliosi, mentre la notevole longevità permette di ottenere dai licheni una stima dell'inquinamento su tempi lunghi.

5) *Sensibilità agli agenti inquinanti.*
Una azione depressiva sull'attività fotosintetica è stata dimostrata, sulla base di esperimenti di fumigazione ed esposizione controllata, per le seguenti sostanze: anidride solforosa (Pearson & Skye, 1965; Rao & Le Blanc, 1966; Showman, 1972; Puckett et al., 1973; Le Blanc & Rao, 1975), idrocarburi (Lallemant & van Haluwyn, 1981), ozono (Nash & Sigal, 1979, 1980), nitrato di peracetile (Sigal & Taylor, 1979), piombo (Lawrey & Hale, 1979; Deruelle & Petit, 1983), zinco e cadmio (Nash, 1972, 1975), fluoruri (Gilbert, 1971; Nash, 1971; Takala et al., 1978; Perkins et al., 1980). Non va trascurato il fatto che le precipitazioni acide sono le principali responsabili della progressiva scomparsa di *Lobaria pulmonaria* dalla Gran Bretagna e dalla Scandinavia (Gilbert, 1986, Hallingbach, 1986) e che in natura la rarefazione dei consorzi lichenici non è quasi mai attribuibile ad un singolo contaminante, ma alle interazioni ed ai sinergismi tra più sostanze presenti nell' atmosfera.

Le singole specie licheniche presentano diversi gradi di tolleranza rispetto alle sostanze inquinanti: il fatto che la maggior parte delle specie più sensibili all'inquinamento atmosferico sia legata a condizioni di oceanicità climatica è probabilmente dovuto all'effetto depressivo sull'attività fotosintetica che molte sostanze dimostrano in condizioni di elevata umidità atmosferica.

Attualmente sono disponibili delle "scale di tolleranza" delle specie licheniche nei confronti della concentrazione media atmosferica di anidride solforosa, che permettono di stimare il grado di inquinamento a partire dalla flora lichenica del posto. Questo approccio ha portato alla mappatura della qualità dell'aria su tutto il territorio dell' Inghilterra (Hawksworth & Rose, 1970).

I licheni possono essere impiegati per valutare la qualità dell'aria secondo due principali strategie:
- come bioindicatori, quando si correlano determinate intensità di disturbo ambientale a variazioni del loro aspetto esteriore, della loro copertura, della ricchezza floristica (approccio indiretto floristico);
- come bioaccumulatori, sfruttando la loro capacità di assorbire sostanze dall'atmosfera: si tratta di un approccio diretto basato sull'analisi delle concentrazioni delle sostanze nei talli lichenici.

Approccio indiretto: bioindicatori

Viene definito "bioindicatore" un organismo che risponde con variazioni identificabili del suo stato a determinati livelli di sostanze inquinanti.

I licheni presentano tutte le caratteristiche di un buon bioindicatore e numerosi studi hanno permesso di identificare i più evidenti tipi di risposta a situazioni di inquinamento:

1) *Riduzione della fotosintesi e della respirazione per danneggiamento della clorofilla.*

Studi ecologici in campo e ricerche di laboratorio hanno dimostrato che l'anidride solforosa è il principale inquinante che interessa i licheni su larga scala.

I processi più colpiti sono la fotosintesi, la respirazione ed il flusso dei nutrimenti tra l'alga ed il fungo (Richardson & Puckett, 1973; Farrar, 1973).

La diversa sensibilità delle specie licheniche all'anidride solforosa è imputabile a diversi fattori: superficie disponibile per gli scambi gassosi e dunque per l'assorbimento dell'anidride solforosa; velocità di idratazione ed idrorepellenza del tallo; attività metaboliche; pH e capacità tamponante del substrato sul quale la specie normalmente si sviluppa (Baddeley et al., 1973).

Gli effetti dell'anidride solforosa sono di due tipi:

1. danni indiretti: a causa dell'azione acidificante sulle piogge e nebbie, la SO_2 determina la riduzione della capacità tamponante del substrato, la diminuzione del pH del substrato e l'alterazione degli equilibri delle forme ioniche generate dalla SO_2 in soluzione acquosa, con conseguenti danni alla clorofilla algale (vedi punto successivo).

2. danni diretti: molti studi condotti su piante superiori, muschi e licheni dimostrano che l'anidride solforosa causa una riduzione dell'attività fotosintetica danneggiando la clorofilla. E' stato osservato che la tossicità delle soluzioni acquose della SO_2 aumenta con la diminuzione del pH della soluzione. Il pH determina la proporzione delle differenti forme ioniche presenti nella soluzione e cioè acido solforoso, bisolfito e solfito, caratterizzati da diverse proprietà ossidoriducenti e diversa carica. L'acido solforoso, a valori di pH bassi (2-4), si comporta come ossidante mentre il solfito è un agente riducente (Latimer, 1952): inoltre l'acido solforoso entra più velocemente del solfito e bisolfito all'interno delle cellule, poichè elettricamente neutro. Puckett et al. (1973) sostengono che l'aumento della tossicità dell'anidride solforosa osservato a valori di pH compresi tra 3.2 e 4.4 è associato con la distruzione della clorofilla a causa di un processo irreversibile di ossidazione. I danni manifestati da licheni e piante superiori possono venir spiegati in questi termini: valori di pH bassi spostano l'equilibrio a favore dell'acido solforoso, determinando una riduzione dell' attività fotosintetica a causa dell'ossidazione della clorofilla a clorofilla$^+$; a

valori di pH minori di 3 la clorofilla si trasforma in feofitina per la sostituizione dell'atomo di magnesio con H^+ (Richardson & Puckett, 1973).

Per quanto riguarda gli effetti dei metalli, Deruelle & Petit (1983), confermando i lavori di Punz (1979), Richardson et al. (1979) e Puckett (1976), segnalano che nei licheni sottoposti a forte inquinamento la fotosintesi diminuisce notevolmente. In particolare in *Parmelia caperata*, il tallo raccolto a 15 m dalla strada, contenente 570 ppm di piombo, ha mostrato una diminuzione della fotosintesi del 54% quando confrontato con un tallo raccolto a 600 m dalla stessa strada, contenente 60 ppm di Pb. Nieboer et al. (1979) hanno segnalato un'alterazione nella permeabilità della membrana in licheni contaminati da piombo, sottolineando l'effetto sinergico di tale metallo con lo zinco, l'ozono, l'anidride solforosa. Manning et al. (1980) sostengono che le particelle dei metalli pesanti sono immobilizzate nel partner fungino e non contaminano il simbionte algale se non quando la concentrazione degli elementi diventa molto alta; perciò la diminuzione dell'attività fotosintetica segnala un livello di contaminazione molto elevato.

2) *Riduzione della vitalità ed alterazione della forma e del colore del tallo.*
Avvicinandosi alle sorgenti inquinanti si assiste ad un progressivo peggioramento delle condizioni di salute del lichene, che si traduce nello scolorimento del tallo e nel distacco di questo dal substrato.

3) *Riduzione della fertilità.*
Ricerche condotte da Du Rietz (1924), da Haugsja (1930) ad Oslo su *Evernia prunastri*, da Hawksworth & Chapman (1971) in Gran Bretagna su *Pseudevernia furfuracea*, da Laundon (1967) e da Skye (1968) rispettivamente a Londra ed a Stoccolma su *Xanthoria parietina* hanno dimostrato che la fertilità dei licheni diminuisce in funzione del tempo di esposizione e dell' avvicinamento alla fonte inquinante. Tale diminuzione si esplica nella riduzione della larghezza degli apoteci e nella loro rarefazione. Almborn (1952) precisa che i licheni che si sviluppano naturalmente per mezzo di isidi e soredi (moltiplicazione vegetativa) sono favoriti nelle stazioni inquinate. E' doveroso aggiungere che secondo altri autori, Le Blanc & Rao (1973), Margot (1973), la formazione di soredi ed isidi è limitata anch'essa dall'inquinamento ed effettivamente alla formazione di tali strutture riproduttive concorrono le cellule algali, che abbiamo visto essere molto sensibili agli agenti tossici.

4) *Diminuzione della copertura delle specie; alterazione della comunità lichenica.*
Partendo dal centro cittadino verso la periferia, la copertura di alcune specie crostose, come *Lecanora conizaeoides*, cresce fino ad un massimo per poi decrescere in corrispondenza all'aumento di copertura delle specie foliose, più poleofobe (Deruelle, 1978, 1983, Nimis et al. 1990). Questo comportamento può essere dovuto al fatto che le specie crostose offrono una minore superficie di scambio rispetto alle fruticose e foliose. Si è notato inoltre che le specie più

resistenti all'inquinamento hanno una spiccata idrorepellenza nei confronti delle gocce d'acqua, limitando così l'assorbimento delle sostanze in esse disciolte.

Vanno segnalati anche casi di comparsa di piccoli talli di specie fruticose quali *Usnea* spp., *Pseudevernia furfuracea* in zone industrializzate (Nimis, 1986; Nimis et al., 1990): probabilmente l'acidificazione secondaria della scorza degli alberi, dovuta principalmente alla presenza di anidride solforosa ed anidride carbonica, permette lo sviluppo di specie che si trovano normalmente sulle scorze acide delle conifere nella fascia montana. La situazione di inquinamento non permette però la normale crescita dei talli.

5) *Riduzione del numero totale di specie nel tempo.*
Coppins & Lambley (1974), studiando la vegetazione lichenica del Suffolk, una contea inglese, notarono che nel 1972, erano rimaste soltanto 67 delle 129 specie segnalate nel 1912. Laundon (1973) scoprì in un'altra zona dell'Inghilterra (Bookham), che dal 1953 al 1969 la flora lichenica aveva subìto un decremento del 25%. Lavori simili sono stati condotti da altri autori in varie città ed hanno confermato la rarefazione dei licheni nelle zone in cui si è verificato un incremento dell'inquinamento: Fockeu (1901) e Bouly de Lesdàin (1950) a Lilla (Francia settentrionale), Nylander (1866) e Abbayes (1951) a Parigi, Borel (1970) sempre in Francia, Follmann (1973) in Germania, Barkman (1969) nei Paesi Bassi, Sochting & Johnsen (1974) in Danimarca, Skye & Hallemberg (1969) in Svezia. In quest'ultimo caso è pure stato notato un recupero della vitalità dei licheni (a partire da quelli crostosi quali *Lecanora muralis*) quando, nel 1966, è stata chiusa una fabbrica nell'area di studio. Rose & Hawksworth (1981) hanno segnalato la ricolonizzazione da parte di alcune specie della zona periferica di Londra in seguito alla diminuzione dei livelli medi annui di anidride solforosa.

6) *Riduzione del numero totale di specie nello spazio.*
Vari ricercatori si sono occupati di questo problema affrontandolo in periodi e località differenti. Tra questi si possono citare i lavori di Gilbert (1969), Newcastle; Brodo (1966), New York; Jones (1952), Birmingham; Vincent (1968), Toulouse; Le Blanc et al. (1974), Murdochville, Canada; Skye (1968), Kvarntorp, Svezia; Gilbert, (1969), Newcastle; Fenton, (1960), Belfast; Nimis (1985), Trieste; Nimis (1986), Udine; Nimis & Tretiach (1987), Nimis et al. (1987), Roma. Tutti hanno notato che, passando dal centro cittadino alla periferia, vi è un aumento del numero di specie di licheni, indipendentemente dal tipo di substrato considerato.

Gli indici I.A.P. ed il metodo svizzero

Il passo successivo all'identificazione delle risposte dei licheni all'inquinamento atmosferico è stato quello di quantificare l'informazione fornita dai bioindicatori sulla qualità dell'aria.

L'Index of Atmospheric Purity (I.A.P.) proposto da De Sloover (1964) fornisce una valutazione quantitativa del livello di inquinamento atmosferico basandosi sul numero, frequenza e tolleranza delle specie licheniche presenti nell'area considerata.

La formula originale di Le Blanc & De Sloover (1970) è la seguente:

$$I.A.P. = \frac{n}{100} \sum Q \times f_i$$

dove **n**= numero di specie presenti nel rilievo, **Q**= fattore di tossitolleranza, **f**= combinazione della frequenza e copertura della specie i-esima.

Un test effettuato da Deruelle (1978) ha dimostrato la validità di questo indice nel monitoraggio dell'anidride solforosa. Successivamente sono state utilizzate molte varianti di questa formula che danno diversa importanza alle variabili considerate.

Recenti studi condotti da una equipe diretta da K. Ammann (Ammann et al., 1989; Herzig et al., 1985, 1987; Liebendorfer et al., 1988; Wanner et al., 1986) hanno testato la predittività di 20 diverse formule I.A.P. rispetto a 8 inquinanti atmosferici: anidride solforosa, ossidi di azoto, cloro, piombo, rame, zinco, cadmio e polveri. L'analisi è stata effettuata sottoponendo i dati diretti ottenuti da centraline automatiche riguardanti 13 stazioni di rilevamento e gli I.A.P. corrispondenti a test di regressione multipla lineare: la formula di I.A.P. che ha presentato la correlazione massima con i dati diretti di inquinamento è una delle formule più semplici, in quanto si limita alla semplice somma delle frequenze di tutte le specie presenti entro un reticolo di rilevamento composto di 10 unità.

Il metodo standardizzato proposto dagli autori svizzeri permette di predire i tassi di inquinamento da dette sostanze con una certezza pari al 98 %; risulta molto interessante per l'alta predittività, per la relativa facilità di esecuzione, per la bassa soggettività ed alta riproducibilità dei dati.

Il vantaggio principale del metodo, applicato in Italia da Nimis et al. (1990), risiede nel fatto che nel calcolo dell'I.A.P. non è previsto alcun fattore di tolleranza attribuito alle singole specie, il che rende la metodica molto più oggettiva di quelle adottate da tutti gli altri autori precedenti.

Tra gli autori che hanno studiato l'inquinamento mediante l'analisi della flora e vegetazione licheniche di varie città , citiamo: Erichsen (1906): Amburgo; Fenton (1964): Belfast; Natho (1964): Berlino; Steiner & Schulze (1955): Bonn; Kneipper & Sherwood-Pike (1985): Boston; Pišut & Lisicka (1985): Bratislava; Rogers (1977): Brisbane; Farkas et. al. (1985): Budapest; Jòhensen & Soechting (1973): Copenhagen; Wirth & Brinchmann (1977): Friburgo; Turian & Desbaumes (1975): Ginevra; Turian (1985): Ginevra; Degelius (1961): Goteborg; Klement (1958): Hannover; Laaksovirta & Alakujiala (1978): Helsinki; Thrower (1980): Hong Kong; Follmann (1973): Kassel; Türk & Seger (1987): Klagenfurt;

Perez de la Torre (1985): La Plata; Bortenschlaeger & Schmidt (1963): Linz; Gutte et. al. (1976): Lipsia; Sergio & Bento-Pereira (1981): Lisbona; Laundon (1967): Londra; Batic (1984): Lubiana; Almborn (1943): Lund; Crespo et al. (1977): Madrid; Silva-Pando & Ascaso (1982): Madrid; Arnold (1901): Monaco di Baviera; Granger (1970): Montreal; Le Blanc & De Sloover (1970, 1972): Montreal; Gilbert (1969): Newcastle; Brodo, (1961, 1966): New York; Krog (1970): Oslo; Deruelle (1983): Parigi; Deruelle & Garcia-Schaeffer (1983): Parigi; Liska (1985): Praga; Osorio & Fleig (1985): Rio Grande, Brasile; Frileux & Lerond (1978): Rouen; Beschel (1952): Salisburgo; Türk & Wittmann (1986): Salisburgo; Johnson (1979): Seattle; Lunstroem (1968): Stoccolma; Martin & Eensaar (1983): Tallinn; Sugiyama et al. (1976): Tokyo; Vincent (1968): Tolosa; Zimmy & Kucinska (1974): Varsavia; Spenling (1971): Vienna; Türk & Christ (1986): Vienna; Hopp & Kappen (1981): Wurzburg; Barbalic (1979): Zagabria; Vareschi (1936): Zurigo; Zust (1977): Zurigo.

In alcuni casi gli studi interessano aree molto vaste, come l'Inghilterra (Hawksworth & Rose, 1970); l' Olanda (De Wit, 1976; Van Dobben, 1986), la Danimarca (Rasmussen et al., 1980), la Svezia (Lofgren & Moberg, 1984), la zona della Ruhr (Domros, 1966; Schoenbeck, 1972; Rabe & Wiegel, 1985), la Francia Settentrionale (Gehu et al., 1973), la Slovenia (Batic, 1984), la Bielorussia (Kisilev et al., 1986), l'Estonia (Raitviir & Trass, 1975), la California meridionale (Sigal & Nash, 1983), l'Alberta (Case, 1984), i Parchi Nazionali degli U.S.A. (Wetmore, 1983), il Canada orientale (Zakshek & Puckett, 1986) ed altri ancora.

Per quanto riguarda l'Italia sono stati effettuati studi nella zona della laguna di Venezia (Caniglia e Drudi, 1984), in alcune valli alpine (Caniglia et al., 1978; Piervittori & Montacchini, 1980; Spampani, 1982), presso un cementificio nelle Marche (Recchia & Polidoro, 1988), nelle città di Trieste (Nimis, 1985), Udine (Nimis, 1986), Roma (Nimis, 1990), La Spezia (Nimis et al., 1990), ed in aree con insediamenti industriali nell'Alto Vicentino (Nimis et al., 1990).

Approccio diretto: bioaccumulatori

Un organismo viene definito "bioaccumulatore" quando può essere usato per misurare la concentrazione di una sostanza, ottenendo risposte quantitative oltre che qualitative.

Per utilizzare un lichene come bioaccumulatore, bisogna accertarsi che questo risponda ai seguenti requisiti:

1) *Alta tolleranza alla sostanza in esame.*

Questo punto è essenziale se si vogliono evidenziare le punte massime di inquinamento: è chiaro che se un lichene non riesce a sopravvivere proprio in corrispondenza alle concentrazioni più alte di un inquinante, esso è del tutto inadatto come bioaccumulatore.

2) *Capacità di accumulare le sostanze esaminate in misura indefinita.*
Il bioacccumulatore è tanto più buono quanto più lineare è la correlazione fra presenza di contaminante nell'aria e concentrazione dello stesso nel tallo lichenico. Se, superata una certa soglia di concentrazione del contaminante nell'atmosfera, il lichene non è più in grado di assorbirlo, si perde l'informazione relativa ai massimi livelli di contaminazione, che sono i più interessanti.

3) *Possibilità, di definire l'età del tallo esaminato.*
Il lichene accumula le sostanze dipendentemente dalla concentrazione di queste nell'atmosfera e dal tempo di esposizione cui ad esse è sottoposto: a parità di concentrazione nell' atmosfera, risulta più alta la contaminazione nel tallo lichenico più vecchio, sottoposto per più tempo all'inquinamento. Nel lichene folioso *Parmelia caperata* sono state misurate le concentrazioni dei metalli pesanti in porzioni centrali e periferiche del tallo. Considerando la faccia inferiore del lichene si è distinta la parte periferica, bruno chiara, dalla parte centrale, più scura. Si è visto che per metalli a prevalente deposizione secca la concentrazione al centro del tallo è sensibilmente maggiore. Potendo escludere fenomeni di eliminazione, si può assumere che quanto più un lichene è vecchio, tanto più è contaminato. Per questo motivo è necessario analizzare porzioni del tallo aventi età corrispondenti.

4) *Presenza di più esemplari nell'area di studio.*
Per ridurre le fluttuazioni statistiche dovute a particolari condizioni in cui è stato raccolto il lichene (micronicchia sottoposta a forte dilavamento, substrato molto rugoso con trattenimento dell'acqua), si preferisce, dove possibile, raccogliere e sottoporre ad analisi un numero consistente (mezza dozzina) di esemplari della stessa specie per ogni stazione. Esperimenti condotti presso l' Università di Trieste con la collaborazione dell'Università di Siena (Gasparo, 1989) hanno dimostrato che da un miscuglio di campioni si ottiene una caratterizzazione precisa della stazione: l' analisi del materiale ottenuto da più talli lichenici fornisce un dato corrispondente alla media delle concentrazioni ottenuta considerando numerosi campioni analizzati singolarmente.

Misura delle concentrazioni degli inquinanti nei talli lichenici

Sfruttando la capacità dei licheni di assorbire ed accumulare i contaminanti persistenti, generalmente presenti nell'atmosfera in bassissime concentrazioni, negli ultimi anni questi organismi sono stati largamente impiegati nel monitoraggio di metalli, radionuclidi, non-metalli come zolfo e fluoro e di composti xenobiotici come idrocarburi clorurati (Nieboer & Richardson, 1981: Perkins & Millar, 1987; Mackenzie, 1986; Thomas et al., 1984; Bacci et al., 1986).

Questa metodica è stata impiegata soprattutto in prossimità di sorgenti puntiformi dove, in assenza di flora lichenica spontanea, possono essere trapiantati licheni raccolti in aree non contaminate (Gailey et al., 1985); essa non

presenta particolari difficoltà in quanto, per le determinazioni analitiche, si fa ricorso alle comuni procedure spettrofotometriche, gascromatografiche o a rilevatori di radioattività. Inoltre presenta il vantaggio di non richiedere conoscenze lichenologiche approfondite, in quanto il lavoro viene solitamente eseguito su una sola specie. Il biomonitoraggio dei contaminanti atmosferici mediante licheni permette di stimare indirettamente il loro grado di diffusione e quindi di individuare le sorgenti di inquinamento.

Negli ultimi anni la letteratura si è arricchita di un notevole numero di studi sui licheni come bioaccumulatori. Riportiamo alcuni fra quelli più significativi, che hanno impiegato i licheni per la misura della contaminazione da metalli: Pakarinen (1981): *Cladina arbuscula*, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Finlandia; Pakarinen et al. (1978): *Cladina arbuscula* Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Finlandia; Lodenius (1981): *Hypogymnia physodes* Hg, Finlandia; Pilegaard et al. (1979): *Hypogymnia physodes, Lecanora conizaeoides*, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Danimarca; Laaksovirta & Olkkonen (1979): *Hypogymnia physodes*, Hg, Finlandia; Kauppi & Mikkonen (1980): *Hypogymnia physodes*, Fe, Finlandia; Pilegaard (1978): *Lecanora conizaeoides*, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Danimarca; Goyal & Seaward (1981, 1982): *Cladonia furcata, Peltigera membranacea, Peltigera rufescens*, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Inghilterra; Addison & Puckett (1980): *Cladonia arbuscula, Evernia mesomorpha, Hypogymnia physodes*, Al, Canada; Burkitt et al. (1972): *Parmelia* spp, Cd, Pb, Zn; Nieboer et al. (1972): 9 specie di licheni, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Canada; Hocking & Blauel (1977): licheni corticoli, Cu, Ni, USA; Nash (1975): 10 specie di licheni, Cd, Zn, USA; Beckett et al. (1982): *Cladina rangiferina, Cladonia mitis*, Pb, Canada; Andersen et al. (1978): Copenhagen; Deruelle (1983): Francia; Garty et al. (1977, 1979, 1985): *Caloplaca aurantia*, Israele; Hutton & Simon (1986): Cd, Pb, Hg; Rao & Le Blanc (1967): licheni epifiti, Canada; Tuominen & Jaakkola (1973); Burton et al. (1981): *Cladina rangiferina*, Cu, Ni, Canada; Clerc & Roh (1979): Svizzera; Folkeson (1979); Garty et al. (1977, 1979, 1982): *Ramalina duriaei*; Johnsen (1975): Pb, Cd; Laaksovirta et al. (1976): Pb, Finlandia; Lambinon et al. (1964): Zn, Belgio; Lawrey & Rudolph (1975): USA; Nieboer et al. (1977): Canada; Puckett (1976): Canada; Puckett et al. (1973); Punz (1977): Pb; Pyatt (1976); Rao et al. (1977): Richardson et al. (1979): *Umbilicaria muhlenbergii*; Saeki et al. (1975, 1979): *Parmelia conspersa*, Pb, Cu, Sendai; Shutte (1976): *Parmelia sp.*, USA; Seaward (1974), Seaward et al. (1978): Inghilterra; Steinnes & Krog (1977): Hg, Al; Takala & Olkkonen (1976, 1981): *Pseudevernia furfuracea*, Pb, Finlandia.

In Italia sono stati condotti studi in prossimità di complessi industriali in Veneto (Nimis et al. 1990b) ed in Toscana (Bargagli et al., 1985, 1987), in aree vulcaniche (Barghigiani et al., 1988; Bargagli et al., 1989) o con anomalie geochimiche (Bargagli et al., 1988) e geotermali (Barghigiani et al., 1989).

AREA DI STUDIO

CLIMA

La città di Macerata (40.000 abitanti circa nel 1989) è situata sulla dorsale collinare che si eleva tra le valli del Potenza e del Chienti, a 315 m sul livello del mare.

Il clima che caratterizza la zona è relativamente mite, con escursioni termiche non molto accentuate: viene sinteticamente rappresentato mediante il diagramma climatico secondo Walter e Lieth (1960) di Fig. 1, che permette di ottenere una visione sintetica dei principali fattori che influenzano la vegetazione. Il diagramma climatico di Macerata indica un clima di tipo submediterraneo: le precipitazioni presentano due massimi, uno in primavera e l'altro in autunno; le temperature medie mensili nel periodo invernale rimangono al di sopra dei 0°C. Nel periodo estivo si verifica una diminuzione delle precipitazioni ed un innalzamento della temperatura che però non determinano situazioni di aridità.

Se parametri climatici quali la temperatura e le precipitazioni hanno un notevole peso sulla composizione floristica della vegetazione lichenica di una zona, il parametro dei venti è determinante per quanto concerne la diffusione degli inquinanti e lo studio degli effetti delle fonti inquinanti sulla vegetazione lichenica.

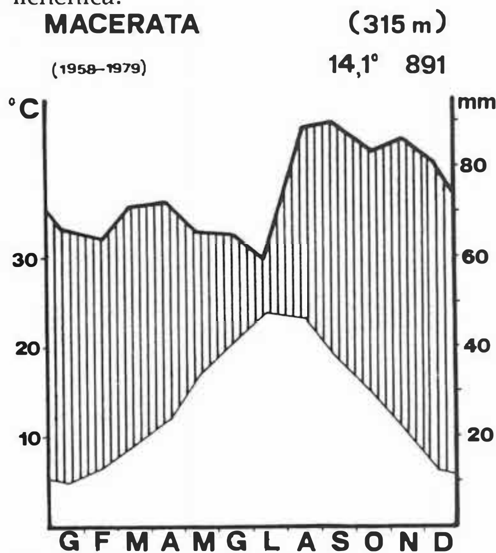


Fig. 1 - Diagramma climatico della stazione di Macerata.

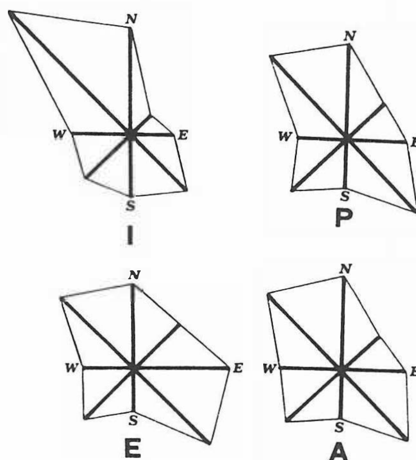


Fig. 2 - Frequenza percentuale dei venti per ogni stagione.

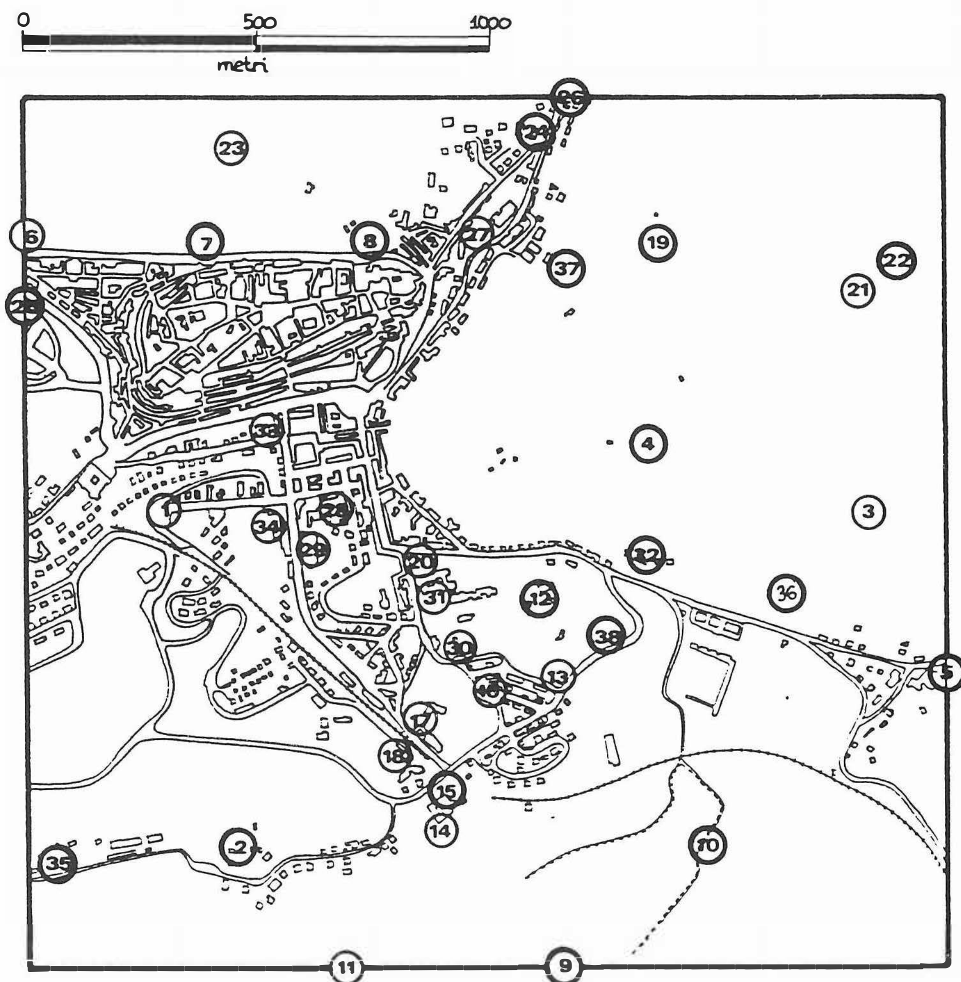


Fig. 3 - Localizzazione delle stazioni di rilevamento nell'area di studio. Le stazioni evidenziate sono quelle utilizzate anche per l'analisi dei metalli.

I diagrammi di Fig. 2 sono stati ricavati da dati sulla frequenza percentuale della direzione del vento per stagione. Sono stati considerati giorni di calma quelli in cui la velocità del vento non supera 1 Km/h (con questa scelta, a Macerata vi sono pochissimi giorni di calma).

Dai grafici risulta un aumento di frequenza del vento proveniente da Nord Ovest nel periodo invernale. Questo dato è da tenere in considerazione per due motivi: il possibile "effetto bandiera", che determina un peggioramento della qualità dell'aria in zone poste a Sud Est rispetto alla fonte inquinante; l'aumento delle emissioni nell'aria di sostanze inquinanti durante il periodo invernale determinato dall'uso degli impianti di riscaldamento, per cui i venti prevalenti in questo periodo diventano importanti per lo studio dell'inquinamento nell'area in esame.

Dai dati climatici risulta che la zona considerata non presenta fattori limitanti alla presenza di licheni: la disponibilità di acqua sotto forma di precipitazioni o anche di umidità atmosferica è assicurata tutto l'anno, senza alcun periodo di stress idrico. Una eventuale diminuzione del numero di individui delle varie specie oppure la scomparsa di specie di licheni è da imputarsi alla presenza di fonti inquinanti.

In Fig. 3 viene rappresentata l'area di studio, limitata ad un raggio di circa un chilometro dall'inceneritore dell'Ospedale di Macerata. Va tenuto presente il fatto che il centro storico, posto nella zona settentrionale della città, si trova in posizione elevata rispetto al resto dell' area considerata: questo fattore è importante per la corretta valutazione dell' inquinamento, in quanto si possono verificare particolari movimenti di masse d'aria che possono trasportare le sostanze emesse in una zona in un'area diversa da quella che ci si aspetta da una semplice lettura del diagramma dei venti.

CARATTERISTICHE DELL'INCENERITORE

L'impatto ambientale dello smaltimento di rifiuti urbani ed ospedalieri tramite incenerimento si manifesta a livello di inquinamento atmosferico con emissioni molto diversificate tra le quali anidride solforosa, idrocarburi e metalli.

L'inceneritore dell'Ospedale di Macerata (un HOVAL "VOT 350") è ubicato in prossimità del centro cittadino, nei pressi dell'Ospedale Civile. Le caratteristiche tecniche che più interessano per una corretta impostazione del lavoro sono quelle relative all'altezza dello sbocco del camino da terra (circa 14 metri), la temperatura di funzionamento (che è superiore ai 950° C), la velocità di uscita dei fumi (superiore ai 5 m/s), il periodo di funzionamento (contenuto nella fascia oraria tra le ore 10 e le ore 16).

L'inceneritore in questione è stato rimesso in funzione, dopo un lungo periodo di chiusura (dal 1987), con Decreto Presidenziale del 28 febbraio 1989.

MATERIALI E METODI

L'indagine è stata effettuata seguendo due approcci complementari:
1) approccio indiretto, basato su un "Index of Athmospheric Purity" (I.A.P.), che utilizza il lichene come bioindicatore;
2) approccio diretto, basato sulla misura delle concentrazioni dei contaminanti atmosferici persistenti, come i metalli, nei talli di una specie lichenica, utilizzata come bioaccumulatore.

In entrambi i casi va sottolineata una caratteristica essenziale: i dati non sono estrapolabili dal contesto in cui è stato svolto lo studio, ovvero non possono essere confrontati tout court con indagini simili svolte in altre aree. Le stime della contaminazione sono relative, permettono cioè un confronto qualitativo e quantitativo tra diverse parti della stessa area di studio.

Un'altra premessa essenziale è quella relativa alla lettura dei risultati ottenuti con l'uno o l'altro dei due approcci. L'utilizzo dell' organismo come bioindicatore richiede che questo possegga una specifica sensibilità ai più diffusi contaminanti atmosferici ad azione fitotossica. Nei caso dei licheni ciò è stato dimostrato, per esempio, per anidride solforosa, acido fluoridrico, ozono, ossidi di azoto, che fra l'altro hanno una ricaduta ad ampio raggio. Le carte basate sull'utilizzo dei licheni come bioindicatori permettono di individuare zone in cui la concentrazione di queste sostanze è più consistente. L'impiego dell'organismo come bioaccumulatore presuppone al contrario una sua resistenza e tolleranza all'agente inquinante: l'utilizzo del lichene (nel caso nostro di *Xanthoria parietina*) è motivato proprio dalla sua capacità di accumulare, passivamente o attivamente, la sostanza in esame.

In Italia, la legislazione fa riferimento a livelli soglia di inquinamento, espressi quantitativamente come concentrazioni reali di determinati inquinanti nell'atmosfera. Attraverso l'uso di tecniche di biomonitoraggio è possibile individuare nell'ambito dell'area considerata le zone a rischio: ciò garantisce l'ottimizzazione della localizzazione delle centraline per il rilevamento diretto dell'inquinamento atmosferico.

APPROCCIO INDIRETTO: METODO FLORISTICO SVIZZERO

L'approccio indiretto si basa su una mappatura preliminare della flora e vegetazione lichenica dell'area di studio. Lo scopo è quello di quantificare l'inquinamento da sostanze fitotossiche ed in particolare da anidride solforosa, mediante l'uso di un indice di purezza atmosferica (I.A.P.), derivato da dati biologici. Il metodo svizzero, adottato in questo studio, è molto semplice, facilmente applicabile ed ha un'alta predittività rispetto alle sostanze succitate, ma richiede un'approfondita conoscenza delle specie licheniche. L'indice

utilizzato ha il vantaggio di considerare soltanto le presenze delle varie specie, senza dipendere da dati di tipo soggettivo quali la sensibilità o la tolleranza di dette specie all'inquinamento.

Scelta del substrato

Di fondamentale importanza risulta la scelta dell'albero su cui effettuare il rilevamento, dal momento che le caratteristiche fisico-chimiche della scorza influenzano in misura notevole la vegetazione lichenica (Barkman, 1958). La selezione degli alberi è subordinata in primo luogo ad un'ampia distribuzione nell'area di studio, in secondo luogo alla predisposizione della specie usata ad ospitare la flora lichenica.

A Macerata queste caratteristiche sono state riscontrate in due specie di fanerofite: il Tiglio (*Tilia* sp.) e la Quercia (*Quercus* sp.), presenti in prevalenza rispettivamente nella parte centrale e in quella periferica dell'area di studio. La scorza dei due alberi presenta reazione subacida (rispettivamente attorno a pH 5 e 4,5); inoltre numerosi test hanno dimostrato la sostanziale indifferenza della flora lichenica per l'attecchimento su l'uno o l'altro dei due substrati. Data la ripartizione non omogenea degli alberi nell'ambito dell'area di studio, non è stato possibile effettuare un campionamento sistematico. Esso è stato quindi di tipo selettivo e la ricerca dei punti di rilevamento è stata condotta direttamente sul campo. Considerato lo scopo dello studio, la maggior densità di punti coincide con la localizzazione dell'inceneritore.

In ognuna delle 34 stazioni di rilevamento è stato effettuato un numero variabile di rilievi, su alberi diversi, da 1 a 6 (per un totale di 113 rilievi), in dipendenza dalla variabilità riscontrata sul posto e dalla disponibilità di Tigli e Querce. Gli alberi utilizzati per i rilievi devono avere le seguenti caratteristiche:

- inclinazione del tronco non superiore ai 10 gradi per eliminare variazioni microclimatiche dovute a zone di scolo preferenziale dell'acqua;
- circonferenza superiore ai 70 centimetri: alberi giovani possono presentare condizioni ecologiche diverse rispetto ad individui adulti;
- assenza di fenomeni evidenti di disturbo (verniciatura, applicazioni di anticrittogamici, presenza di siepi, capitozzature, etc.).

Il basso coefficiente di variazione dell'I.A.P. all'interno della stessa stazione (inferiore al 20% in quasi tutti i casi) indica una risposta univoca ai fattori di disturbo da parte della vegetazione lichenica.

Metodica di rilevamento e calcolo dell'indice I.A.P.

Individuato l'albero adatto, su di esso viene posto un reticolo che consta di una griglia di 10 rettangoli (dimensioni 10 X 15 cm) delle dimensioni totali di 30

X 50 cm (0.15 m^2 di superficie). Tale griglia viene posta sul tronco ad una altezza compresa tra i 120 ed i 200 cm, nel punto di massima densità lichenica.

Vengono annotate le specie e la loro frequenza intesa come numero di rettangoli in cui ogni specie è presente (min 1, max 10).

Si calcola la somma delle frequenze di tutte le specie presenti entro la griglia ottenendo la frequenza totale $\mathbf{f_t}$ del rilievo.

L'indice I.A.P. relativo ad una stazione è dato dalla media delle frequenze totali degli **n** rilievi nella medesima stazione. Valori elevati indicano una migliore qualità dell'aria, mentre valori bassi segnalano situazioni di degrado.

$$\text{I.A.P.} = \frac{\Sigma f_t}{n}$$

APPROCCIO DIRETTO: ANALISI DEI METALLI

Come bioaccumulatore di metalli pesanti è stato scelto il lichene *Xanthoria parietina,* in quanto presente in misura più consistente di qualsiasi altra specie (è stato rilevato in 26 stazioni su 34, cioè nel 76% delle stazioni di rilevamento), e soprattutto perchè particolarmente idoneo grazie alla sua forma di crescita (foliosa) ad essere trattato nelle ulteriori fasi di analisi. La descrizione della specie dal punto di vista della distribuzione, ecologia e sensibilità agli agenti inquinanti è riportata nella lista floristica posta in appendice.

Prelievo dei campioni

Il tallo lichenico viene prelevato dal substrato mediante l'uso di un temperino in acciaio inossidabile ed il materiale viene inserito in una busta di carta. Viene prelevata solo la parte più esterna del tallo di *Xanthoria parietina*: analizzando solo la parte periferica del lichene si prende in considerazione più o meno l'ultimo anno di crescita dello stesso e quindi l'ultimo anno di emissione di sostanze inquinanti. Per ottenere un dato più significativo si preferisce analizzare un campione costituito da materiale proveniente da almeno mezza dozzina di talli.

Allestimento dei campioni

I licheni vengono minuziosamente ripuliti al microscopio binoculare per evitare di misurare i contaminanti presenti in materiali come scorza, terra e muschio, in cui le concentrazioni sono molto elevate.

Alcuni autori (Nieboer et al., 1972; Garty et al., 1977; Seaward, 1981) procedono al lavaggio del tallo prima di operare la mineralizzazione; altri (Page et al., 1971; Goodman & Roberts, 1971, Pakarinen et al., 1978; Andersen et al., 1978; Pilegaard et al., 1979; Folkeson, 1981) effettuano direttamente il dosaggio dei metalli.

In questo lavoro si è scelta quest'ultima strada per non rischiare di togliere particelle di metallo non metabolizzate o la lisciviazione delle forme ionizzabili. Garty et al. (1977) e Goyal & Seaward (1981) hanno dimostrato che la maggior parte dell'elemento viene incorporata nel tallo lichenico e non viene rimossa dalla pioggia. In accordo con Deruelle (1983), Garty et al. (1979) e Olmez (1985) riteniamo che le particelle metalliche, localizzate negli spazi intercellulari della medulla, debbano essere considerate come dei costituenti effettivi dei licheni; la localizzazione dei metalli in forma particolata all'interno del lichene spiega l'abilità di questi vegetali di sopravvivere ad alte concentrazioni di tali elementi. In ogni caso, Bargagli et al. (1985) segnalano che l'acqua deionizzata asporta solo una minima parte degli elementi e che la maggior parte di essi non è semplicemente adsorbita alla superficie dei licheni; inoltre Ward et al. (1975) mostrano che al massimo la differenza di concentrazione in piombo tra campioni lavati e non lavati è del 10%. Il materiale viene quindi seccato a temperatura ambiente (H_2O residua minore del 3%), in quanto l'essicamento in stufa determina la parziale volatilizzazione di alcuni metalli con bassa tensione di vapore, come ad esempio il mercurio. Prima di procedere al trattamento chimico, si tritura e omogenizza il materiale (Bargagli et al., 1985).

Trattamento chimico e mineralizzazione dei campioni

Circa 150 mg di materiale vengono mineralizzati in contenitori di Teflon sotto pressione a 120°C per 8 ore mediante HNO_3 concentrato (Stoeppler & Backhaus, 1978).

Nel corso di ciascuna digestione è stata eseguita una prova in bianco, ovvero in un contenitore di Teflon non è stato introdotto del campione ma solo i reagenti, allo scopo di verificare la purezza ed il disturbo di fondo dato dallo strumento.

Per determinare le concentrazioni degli elementi è stato seguito il metodo delle aggiunte interne: in 4 contenitori di Teflon è stata posta la stessa quantità di campione e su 3 di essi, prima della digestione, sono state aggiunte concentrazioni note crescenti degli elementi da determinare.

Per verificare l'attendibilità delle procedure di pretrattamento e di analisi dei campioni, durante il corso di ciascuna digestione è stato impiegato anche lo "*Standard Reference Material*" n. 1572 "Citrus Leaves" fornito dal N.B.S. ("National Bureau of Standards", Washington,USA), dotato di certificazione delle concentrazioni degli elementi analizzati.

Dopo la digestione il contenuto di ciascun contenitore viene lasciato raffreddare e portato a volume con acqua distillata (Vol. fin. = 10 ml).

Determinazioni analitiche

Le concentrazioni di tutti gli elementi sono state determinate tramite spettrofotometria ad assorbimento atomico. E' stata usata la fiamma aria/acetilene per la determinazione dello Zn, Fe, Mn, Cu, Ni e Cr; la fornace a grafite per il Pb, Cd e Al e la tecnica del vapore freddo per il Hg (cioè previa riduzione dell'elemento alla forma elementare mediante $SnCl_2$).

Le determinazioni analitiche in 10 campioni sono state ripetute 4 volte ed i coefficienti di variazione così calcolati sono caratteristici dell'elemento considerato (Hg = 7%, Ni = 18%, Mn = 5%, Cu = 6%, Cr = 13%, Pb =14%, Zn = 6%, Fe = 8%, Al = 15%, Cd = 16%).

ELABORAZIONE DEI DATI

Elaborazioni cartografiche

Tutte le elaborazioni cartografiche sono state effettuate con metodiche computerizzate, allo scopo di eliminare interpretazioni soggettive nel riporto cartografico dei risultati.

E' stato usato il package di programmi SURFER (*Golden Software Inc.*, 1989), che comprende software per la cartografia bi e tridimensionale. Entrambe sono basate su una griglia le cui maglie hanno dimensioni calcolate in base ai valori estremi dei dati di input. Il metodo di interpolazione utilizzato per creare una maglia regolare a partire da punti (stazioni) disposti irregolarmente nell'area di studio si basa sui valori di I.A.P. o di concentrazione del metallo (asse Z) nelle 10 stazioni più vicine al punto considerato; per tutti i metalli, che pure hanno raggio di ricaduta diverso (in quanto il particellato stesso ha dimensioni diverse), è stato utilizzato lo stesso raggio di ricerca dei 10 punti più vicini, dal momento che l'area di studio ha dimensioni tali da garantire in tal modo la miglior rappresentazione. L'influenza di un dato punto sugli altri è inversamente proporzionale alle loro distanze, secondo la formula:

$$Z = \frac{\Sigma Z_j / (d_j)^2}{\Sigma 1 / (d_j)^2}$$

dove **d** è la distanza del punto **Z-jesimo** dal punto **Z** che si interpola.

Il risultato è un reticolo regolare sovrapposto all'area considerata, in base al quale vengono successivamente elaborate le carte bi o tridimensionali, in cui possono venir messe in evidenza fasce di inquinamento. evidenziate da retinature diverse.

Elaborazioni statistiche

Programmi di analisi statistica (LOTUS, *Lotus Development Corporation*, 1986) sono stati utilizzati per evidenziare eventuali correlazioni fra stazioni e fra metalli.

Analisi multivariata

I dati floristici ottenuti con il metodo svizzero e quelli di contaminazione ottenuti con l'analisi dei metalli sono stati organizzati in due matrici che sono state sottoposte ad analisi multivariata utilizzando il package di programmi di Wildi e Orloci (1983); per ulteriori dettagli sui metodi dell'analisi multivariata si rimanda ad Orloci (1978).

L'analisi è stata effettuata sulla base delle seguenti elaborazioni:

1. *Classificazione delle specie e delle stazioni.*

La matrice delle classi di frequenza delle 28 specie nelle 34 stazioni è stata sottoposta a classificazione, ottenuta sulla base di dati binari (presenza-assenza), utilizzando la funzione di somiglianza della distanza euclidea e l'algoritmo del legame completo. In questo modo sono stati ottenuti il dendrogramma delle specie, che individua gruppi di specie con comportamento simile nell'area di studio, ed il dendrogramma delle stazioni, che individua gruppi di stazioni floristicamente simili; dalle due classificazioni deriva la tabella ordinata dei dati di Tab. 1.

2. *Classificazione dei metalli e delle stazioni.*

I valori di concentrazione dei metalli nelle 19 stazioni, riportati in Tab. 2 sono stati espressi in classi di valori compresi tra 1 e 5, ottenendo una matrice che è stata sottoposta a classificazione sulla base della funzione di somiglianza del coefficiente di correlazione e dell'algoritmo del legame completo. I due dendrogrammi ottenuti evidenziano gruppi di metalli e gruppi di stazioni con contaminazione simile.

3. *Ordinamento reciproco dei metalli e delle stazioni.*

Permette di individuare relazioni tra i metalli e le stazioni, comparando direttamente la disposizione dei punti relativi ai metalli e alle stazioni nello spazio definito dai diversi assi. L'ordinamento reciproco è ottenuto in base alla trasformazione della matrice dei dati in una matrice di deviazione dai valori attesi; da questa deriva la matrice di somiglianza, calcolata in base al prodotto scalare.

RISULTATI

APPROCCIO INDIRETTO: BIOINDICATORI

Flora e vegetazione

La lista delle specie e la loro frequenza nelle 34 stazioni sono riportate in Tab.1. Le specie e le stazioni sono ordinate secondo la sequenza ottenuta con i rispettivi dendrogrammi, elaborati sulla base della classificazione dei dati di Tab.1.

Tra le specie più frequenti si hanno, nell'ordine: *Physcia biziana, Xanthoria parietina, Physcia adscendens, Physconia grisea, Physcia tenella, Hyperphyscia adglutinata, Physcia orbicularis.*

Dal punto di vista fitosociologico la vegetazione lichenica epifita dell'area di studio appare piuttosto omogenea : prevalgono infatti le specie legate all'alleanza dello *Xanthorion parietinae,* che raggruppa comunità licheniche nitrofile, fotofile e piuttosto xerofile. La vegetazione di *Xanthorion,* un tempo probabilmente rara e localizzata, è oggi estremamente diffusa in tutte le regioni temperate a causa dell'azione antropica; la sua presenza riflette l'alto grado di antropizzazione dell'area di studio (Nimis, 1988).

L'attribuzione della vegetazione rilevata ad una particolare associazione non è del tutto agevole, a causa dell'evidente povertà floristica delle stazioni; vi sono due associazioni che potrebbero venir prese in considerazione: il *Physcietum adscendentis* Frey et Ochsner ed il *Physcietum elaeinae* Barkman. La prima associazione, di cui sono note numerose subassociazioni presenti in tutta Italia, è un po' meno nitrofitica e meno aeroigrofitica della seconda, che è abbondantemente diffusa nella Pianura Padano-Veneta (Nimis & De Faveri, 1981). L'inquadramento della vegetazione dell'area di studio in una associazione o nell'altra risulta difficile, considerata la rarità o l'assenza delle specie caratteristiche delle due associazioni.

Le 34 stazioni risultano suddivise in 3 gruppi principali, la cui distribuzione è mostrata in Fig. 4.

Le stazioni dei gruppi 1 e 2 presentano una vegetazione che potrebbe avvicinarsi al *Physcietum elaeinae* per la costanza ed alta frequenza di *Hyperphyscia adglutinata* e *Physconia grisea,* associate a volte a *Candelaria concolor,* e a *Physcia orbicularis;* si tratta in ogni caso della facies più nitrofila della vegetazione rilevata. Nel gruppo 1, la presenza, sia pur sporadica, di specie di *Parmelia* evidenzia condizioni di minore eutrofizzazione. Tuttavia, le specie acidofitiche, quali *Parmelia sulcata, P. tiliacea, Lepraria incana,* sono del tutto sporadiche, il che indica una relativamente scarsa acidificazione delle scorze da parte di agenti inquinanti, e/o una forte eutrofizzazione delle scorze da parte di fertilizzanti, polveri etc.

Il gruppo 3 rappresenta una facies fortemente impoverita della vegetazione.

La distribuzione dei gruppi di stazioni può essere così sintetizzata: il gruppo 1 è situato nella zona più esterna, meno antropizzata dell'area di studio, il

gruppo 3 nella zona più antropizzata coincidente con la parte centrale della città, mentre il gruppo 2 si colloca in una posizione intermedia.

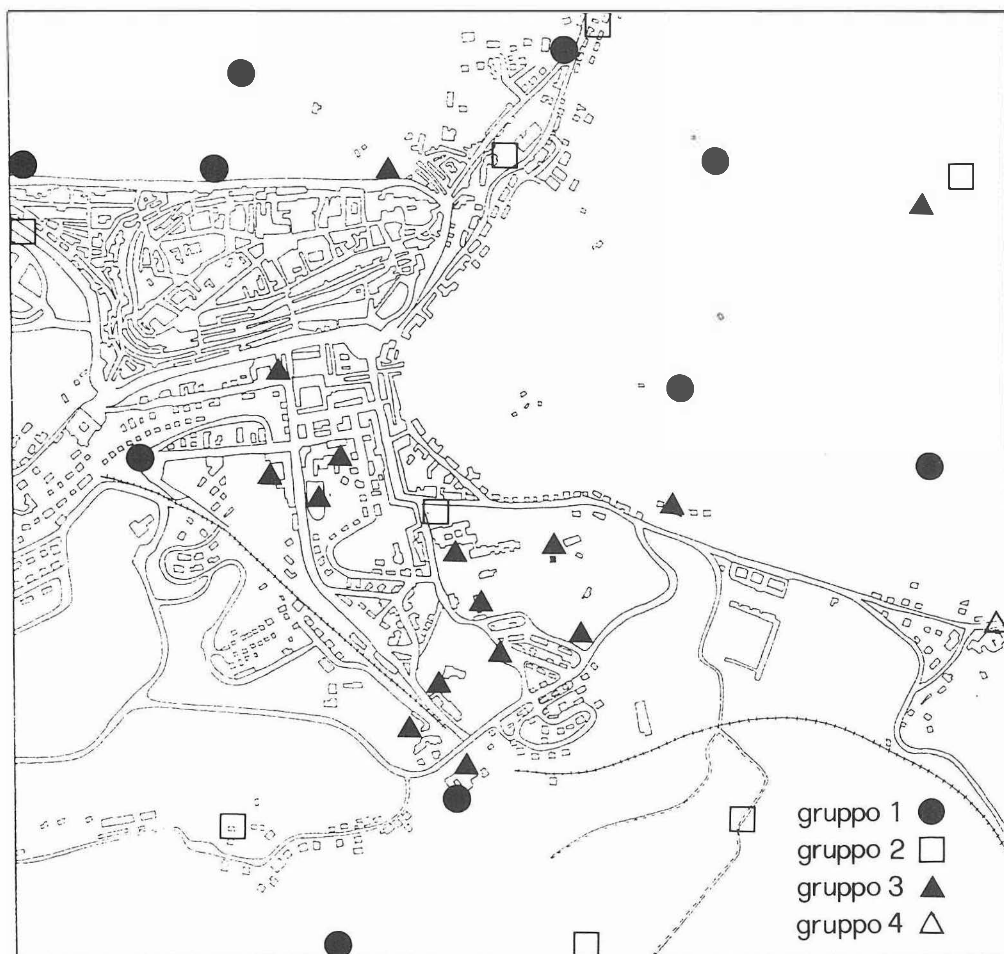


Fig. 4 - Distribuzione dei gruppi di stazioni ottenuti dalla classificazione della matrice delle specie e delle stazioni sulla base della funzione di somiglianza della distanza euclidea e dell'algoritmo del legame completo.

Gruppo di stazioni n°		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
				2		2	1		1		1	2		2	2	1		2	2	3	2	2	1	3	1	1		1	3	1	3	2	3	1	
Stazione n°		7	6	3	4	4	1	3	9	1	4	0	2	6	5	0	9	7	2	0	1	9	5	4	2	8	8	7	3	3	2	8	1	6	5
Xanthoria parietina	1	2	3	3	3	5	1	2	3	1	1	1	5	4	1	5	5	3	5	1	5	1	2	1	4		4		1	1	1	1			5
Physcia biziana	1	5	5	5	3	3	2	2	3	2	2	2	1	4	2	5	5	4	2			2	5	4	2	3	5	2	1	2	3	1		4	4
Physcia adscendens	1	5	5	5	3	5	3	3	1	3	2	4	1	3	2	3	5		3			1	3	1	1	2	3			2			1	4	5
Physconia grisea	1	1	1		2	4	2	2	5	2	2	2	5	4	5	3	3	1	3							1	2		5	2	5	2	4	1	2
Hyperphyscia adglutinata	1			2	3	5	4	4		1	1	1	3	3	2	5	5	3	3		5			5	2	4					2				3
Physcia tenella	1	2	3	3	1	3	3	3	5	2	2			1		3	2	1	3						1	1	5	3	1	2				1	
Caloplaca cerina	2																		3																1
Arthonia radiata	2																																		1
Parmelia sulcata	2										1																								
Parmelia glabratula	2										1																								
Lepraria incana	2										1																	2							1
Lecanora carpinea	2								1																										1
Physcia aipolia	2							2				2				1	3																		1
Parmelia subaurifera	2	1										1																					1		1
Candelaria concolor	2								1	1		1	4	1																					2
Parmelia exasperatula	2		1																																
Parmelia acetabulum	2	1	1																																
Parmelia exasperata	2	1	1							2																									
Rinodina pyrina	2									1																								1	
Parmelia elegantula	2									1			1																						
Gyalecta liguriensis	2																				5														
Caloplaca cerinella	2								3																										
Lecidella elaeochroma	2	1	1	2	1				3		1																								
Parmelia tiliacea	2										1			1	1		1										1								1
Parmelia subrudecta	2										1			1		1	1		2							1									
Physconia distorta	2				1								1				1			1	5						1								
Physcia orbicularis	3											1	1	2	1	1	1	2				3	3	2									1		
Lecanora argentata	3			2	1	1	2	2					1	1	1									1				2							2

Tab 1 - Tabella delle frequenze delle 28 specie nelle 34 stazioni di rilevamento secondo il metodo svizzero, ordinata sulla base della classificazione delle specie e delle stazioni; i valori di frequenza sono espressi in classi ordinali, da 1 a 5.

Analisi della qualità dell'aria secondo il metodo svizzero

In questo capitolo vengono presentati i risultati relativi al riporto cartografico dei dati ottenuti tramite il rilevamento floristico vegetazionale.

In Fig. 5 viene presentata la carta bidimensionale della qualità dell'aria basata sugli indici I.A.P. delle stazioni di campionamento, ottenuta mediante programmi di cartografia computerizzata.

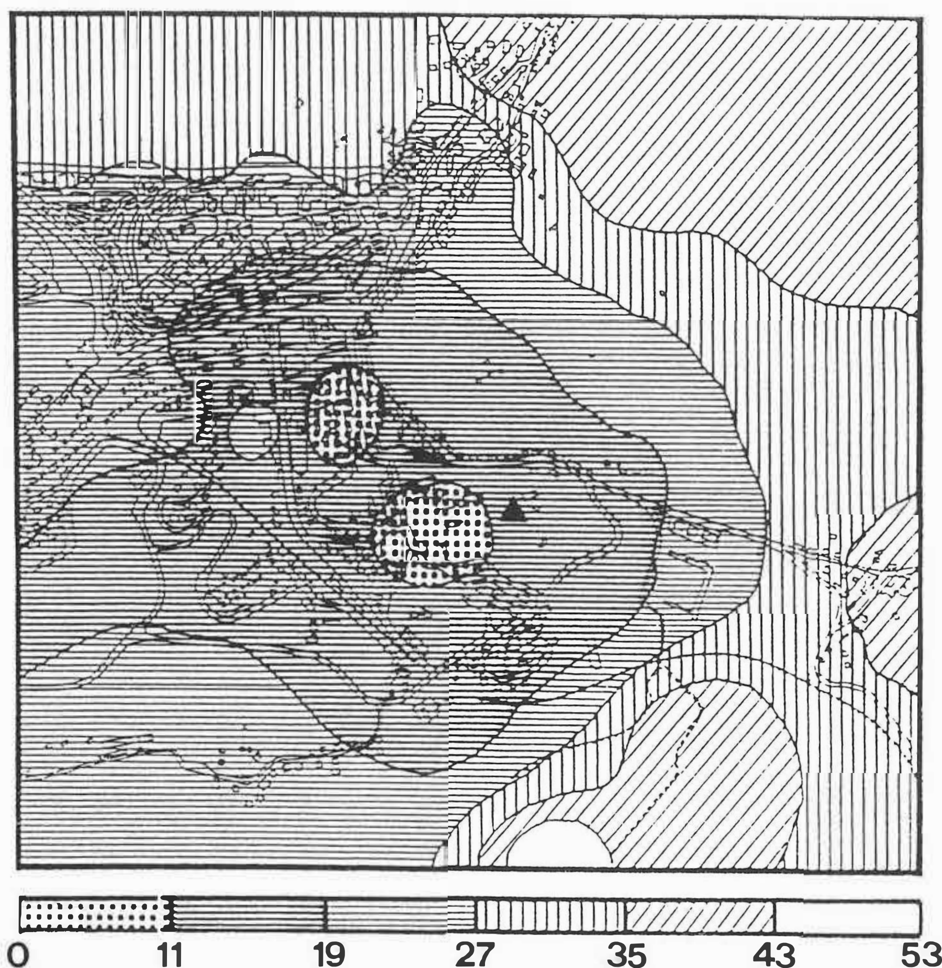


Fig. 5 - Carta bidimensionale dell'inquinamento valutata secondo il metodo svizzero. Sono evidenziate 6 fasce di qualità dell'aria; il triangolino nero indica l'ubicazione dell'inceneritore.

Sono evidenziate 6 fasce di qualità dell'aria, come segue:

- *fascia A*: inquinamento **trascurabile**, con valori di I.A.P. superiori a 43. Si tratta di un'area molto ristretta, posta nelle campagne a Sud della città, dove si è registrata una frequenza massima di licheni di 53 unità di indice I.A.P.

- *fascia B*: inquinamento **basso**, con valori di I.A.P. compresi tra 35 e 43. Si tratta sempre di aree sottoposte a livelli di contaminazione molto bassi, in cui, tuttavia, la frequenza dei licheni è minore che nella fascia precedente. Queste zone si trovano nella parte settentrionale e orientale dell'area di studio.

- *fascia C*: inquinamento **medio-basso**, con valori di I.A.P. compresi tra 27 e 35. Questa zona corrisponde alla periferia della città, ed in alcuni punti confina con il centro storico di Macerata. I valori relativamente alti di I.A.P., registrati in stazioni poste in prossimità di arterie con traffico intenso e del centro storico (posto nel settore settentrionale dell'area di studio), possono venir spiegati sulla base di diversi fattori: la posizione elevata del centro storico rispetto al resto della città; la prevalenza di venti provenienti da Nord-Ovest durante il periodo invernale che fanno sentire gli effetti dell'inquinamento prodotto dal centro storico (riscaldamento domestico) nelle aree poste più a Sud-Est; la scarsa industrializzazione dell'area.

- *fascia D*: inquinamento **medio**, valori di I.A.P. compresi tra 19 e 27. Questa fascia include quasi completamente il centro storico di Macerata nonchè la parte Sud occidentale dell'area di studio. La minore frequenza di licheni nell'ambito di questa fascia è indicativa della presenza di fenomeni di inquinamento da ossidi di azoto e da anidride solforosa causati da traffico veicolare e riscaldamento domestico.

- *fascia E*: inquinamento **medio-alto**, valori di I.A.P. compresi tra 11 e 19. La fascia corrisponde all'area urbana posta a Sud-Est del centro storico: i licheni sono sempre più rari e si ritrovano soltanto specie poleotolleranti quali *Physcia biziana* e *Xanthoria parietina*, che ben sopportano la presenza di polveri nell'atmosfera.

- *fascia F*: inquinamento **alto**, valori di I.A.P. inferiori a 11. Per quanto siano stati rinvenuti licheni in tutte le stazioni, il loro stato indica che la situazione è prossima al vero e proprio deserto lichenico. I talli sono piccoli, malridotti, scoloriti e scarsi, relegati in nicchie sulla scorza dei Tigli. La fascia non è continua ed interessa due aree, una sita presso l'Ospedale, a Sud-Ovest dell'inceneritore, l'altra situata nel centro urbano e caratterizzata da intenso traffico veicolare.

L'analisi delle concentrazioni di metalli nei licheni (vedi oltre), ha permesso di appurare che le fasce E ed F sono anche quelle più interessate da fenomeni di inquinamento da Hg, Mn, Fe, Cu, Cd e Ni.

La Fig. 6 propone la carta geografica fisica tridimensionale su cui sono riportate le fasce di qualità dell'aria di Fig. 5.

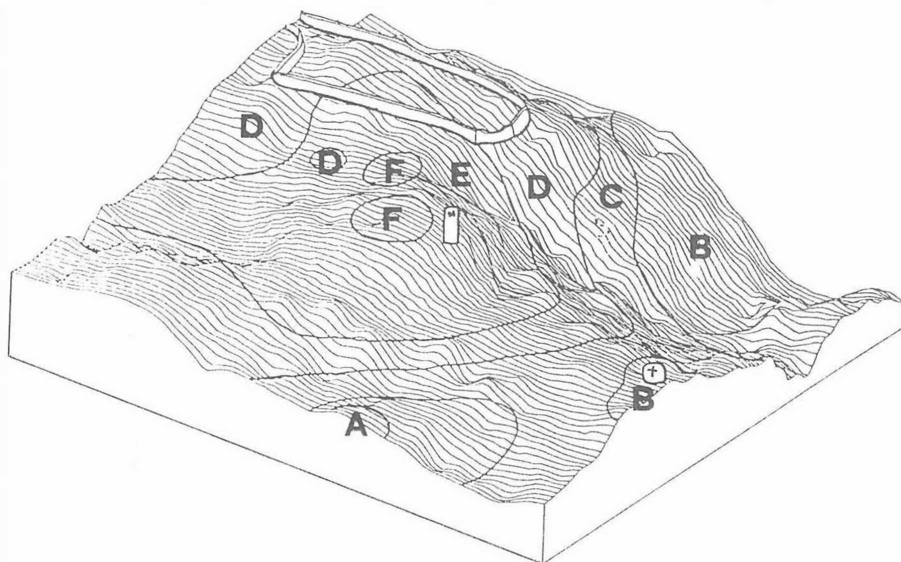


Fig. 6 - Carta geografica fisica tridimensionale dell'area di studio. Sono rappresentate le fasce di qualità dell'aria calcolate con il metodo svizzero (cfr. Fig. 4).

Le Figg. 7, 8, 9 e 10 mostrano la carta dell'inquinamento atmosferico in tre dimensioni: l'asse verticale Z rappresenta livelli crescenti di inquinamento. Per ogni stazione è stato calcolato un Indice di Inquinamento Atmosferico I.I.A., ottenuto sottraendo al massimo valore di I.A.P. trovato nell'area di studio (53) il valore di I.A.P. della stazione considerata. In questo modo nelle carte tridimensionali le aree maggiormente contaminate vengono rappresentate mediante picchi di inquinamento ben visibili.

Le carte tridimensionali sono ottenute mediante elaborazione computerizzata dei valori di I.I.A. basata sull'interpolazione - stabilita da un particolare algoritmo - per punti noti, in modo da assegnare un valore anche ai punti non noti; tale automatismo permette di attribuire un livello di inquinamento in ogni punto dell'area di studio, anche laddove l'assenza di alberi non permette il rilevamento floristico vegetazionale nè la misura della presenza di inquinanti nel lichene. La carta tridimensionale che si ottiene permette di apprezzare differenze lievi di contaminazione in zone limitrofe.

Si nota che l'inceneritore non coincide esattamente con il picco dell'inquinamento, che corrisponde invece alla zona dell'Ospedale e del centro urbano.

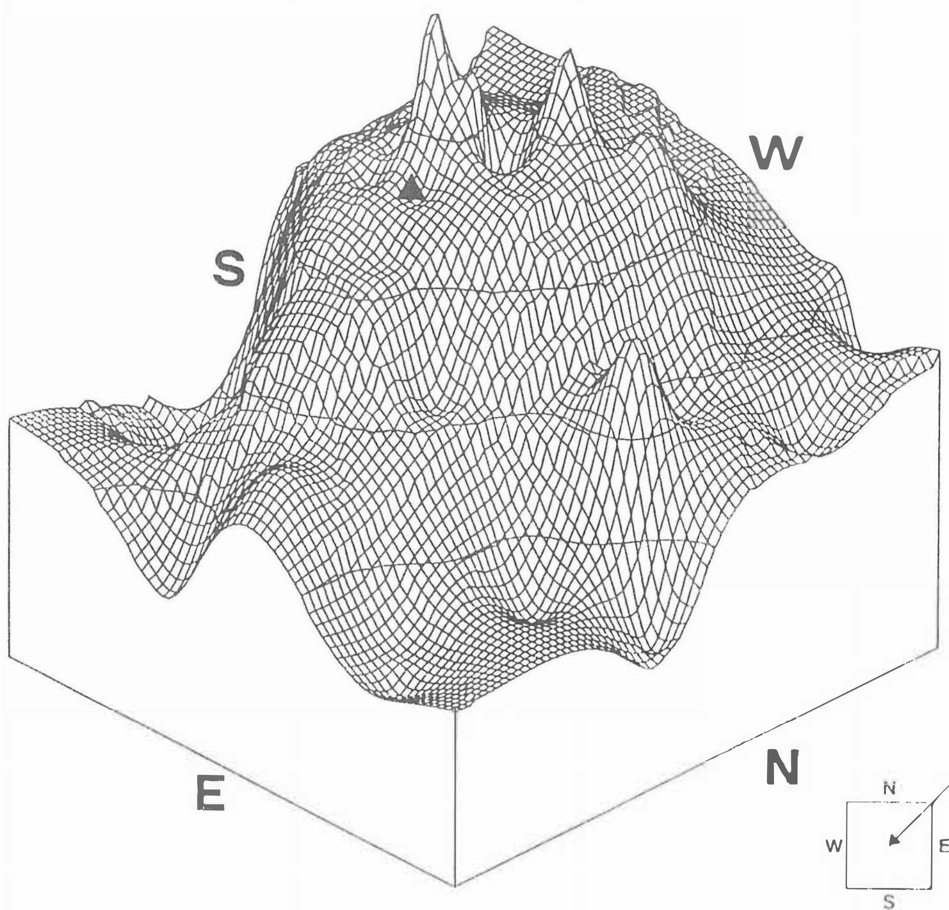


Fig. 7 - Carta tridimensionale dell'inquinamento atmosferico vista da Nord-Est: le 6 fasce di inquinamento evidenziate corrispondono alle 6 fasce espresse in I.A.P. di Figg. 5 e 6. I picchi più alti individuano i punti in cui la contaminazione è maggiore, mentre gli avvallamenti identificano aree con bassa contaminazione.

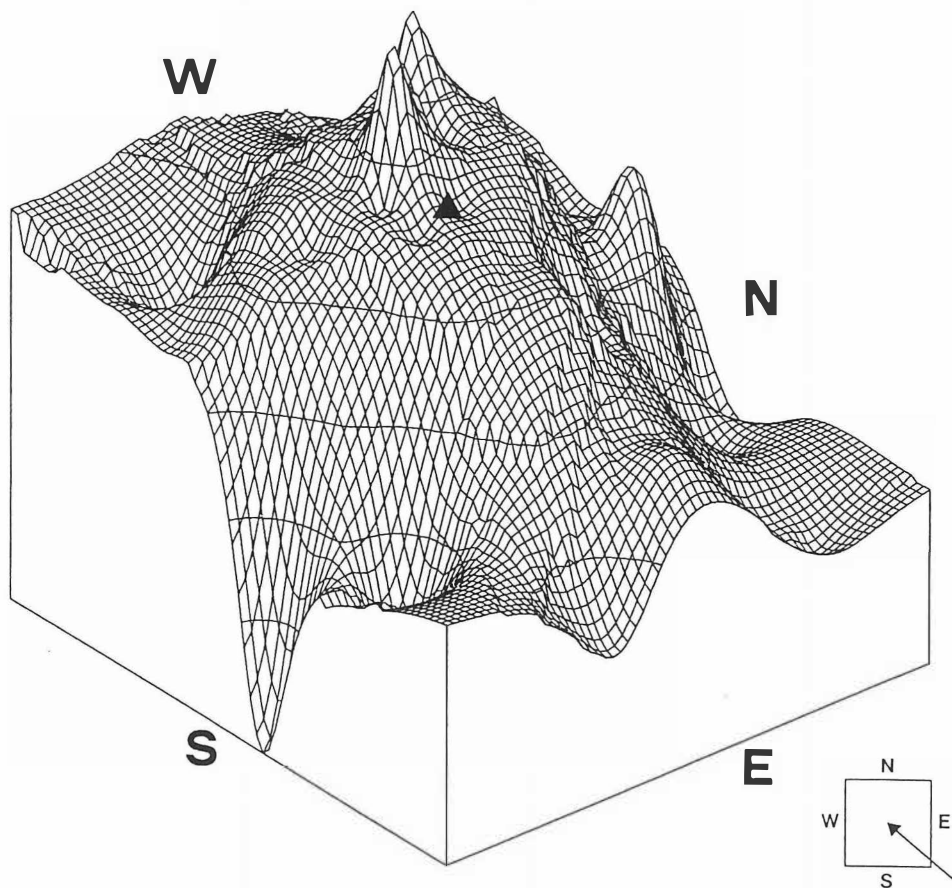


Fig. 8 - Carta tridimensionale dell'inquinamento atmosferico vista da Sud-Est: le 6 fasce di inquinamento evidenziate corrispondono alle 6 fasce espresse in I.A.P. di Figg. 5 e 6. I picchi più alti individuano i punti in cui la contaminazione è maggiore, mentre gli avvallamenti identificano aree con bassa contaminazione.

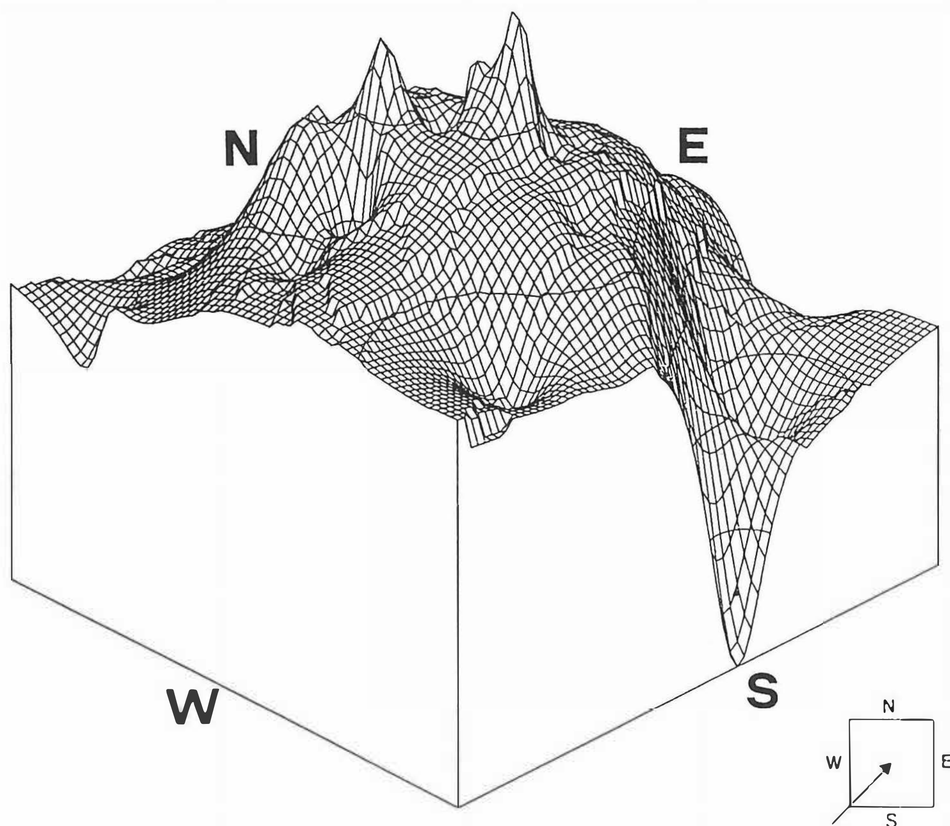


Fig. 9 - Carta tridimensionale dell'inquinamento atmosferico vista da Sud-Ovest: le 6 fasce di inquinamento evidenziate corrispondono alle 6 fasce espresse in I.A.P. di Figg. 5 e 6. I picchi più alti individuano i punti in cui la contaminazione è maggiore, mentre gli avvallamenti identificano aree con bassa contaminazione.

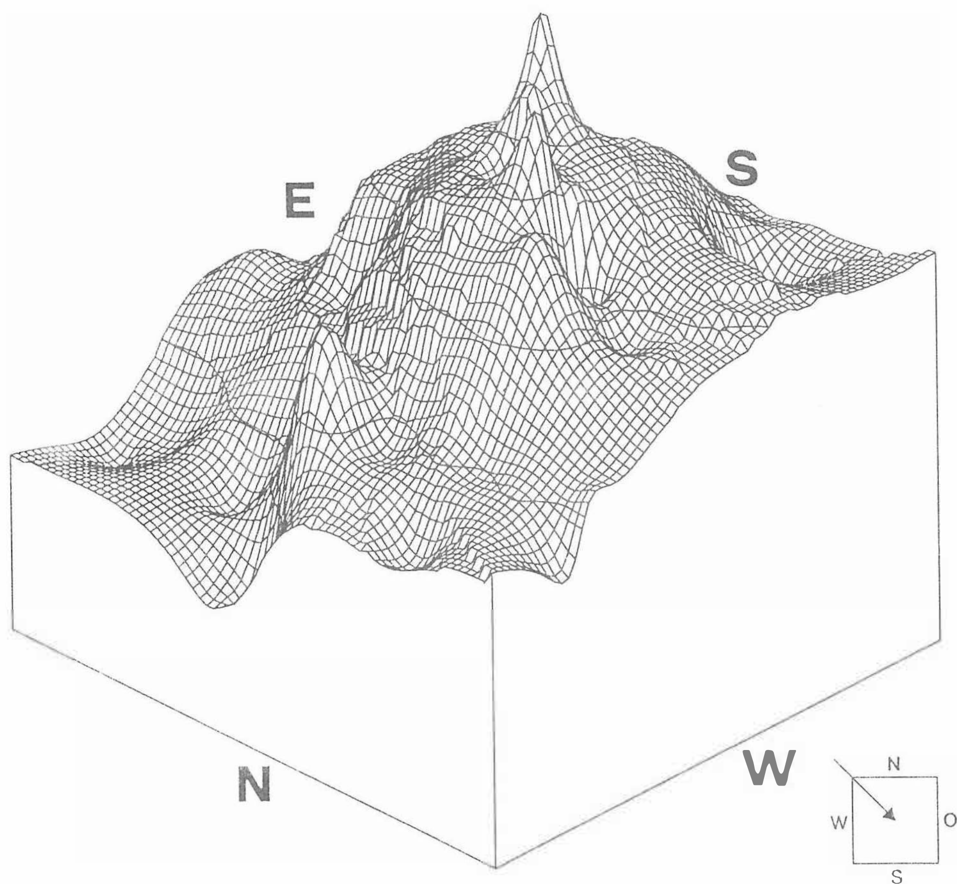


Fig. 10 - Carta tridimensionale dell'inquinamento atmosferico vista da Nord-Ovest: le 6 fasce di inquinamento evidenziate corrispondono alle 6 fasce espresse in I.A.P. di Figg. 5 e 6. I picchi più alti individuano i punti in cui la contaminazione è maggiore, mentre gli avvallamenti identificano aree con bassa contaminazione.

Nelle Figg. 11-15 le sezioni della carta tridimensionale vengono sfruttate per evidenziare ulteriormente l'andamento dell'inquinamento. Si nota così che il picco dell'inquinamento coincide con l'inceneritore solo nelle Fig. 14 e 15 (assi S-N e SE-NW); tale fatto, unitamente alla carta dei venti (prevalenti quelli da NW), induce a ridimensionare l'importanza dell'inceneritore come fonte di emissione di sostanze fitotossiche (SO_2, NO_x, ozono) ed a considerare rilevanti il traffico veicolare ed il riscaldamento domestico.

Vedremo come i dati sui metalli pesanti portino a considerazioni diverse.

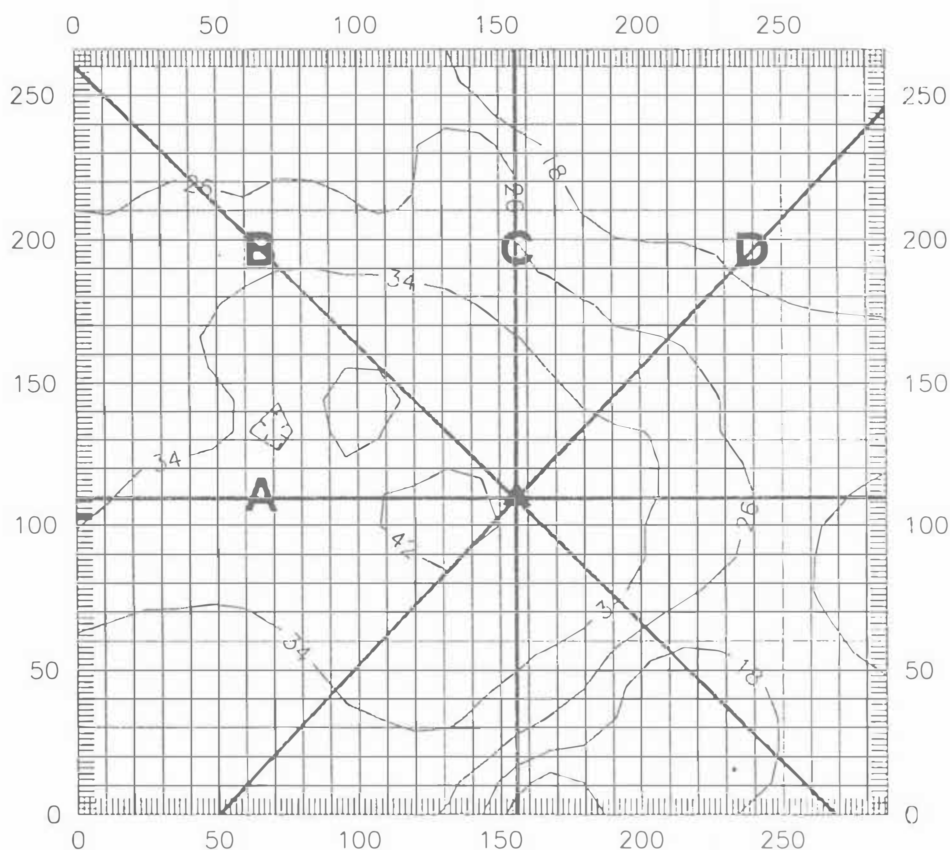


Fig 11 - Carta bidimensionale dell'inquinamento atmosferico valutata secondo il metodo svizzero (cfr. Fig. 5). Sono indicate 4 linee che rappresentano altrettante sezioni della carta tridimensionale passanti per l'inceneritore. Tali sezioni sono illustrate nelle Figg. 12, 13, 14, 15.

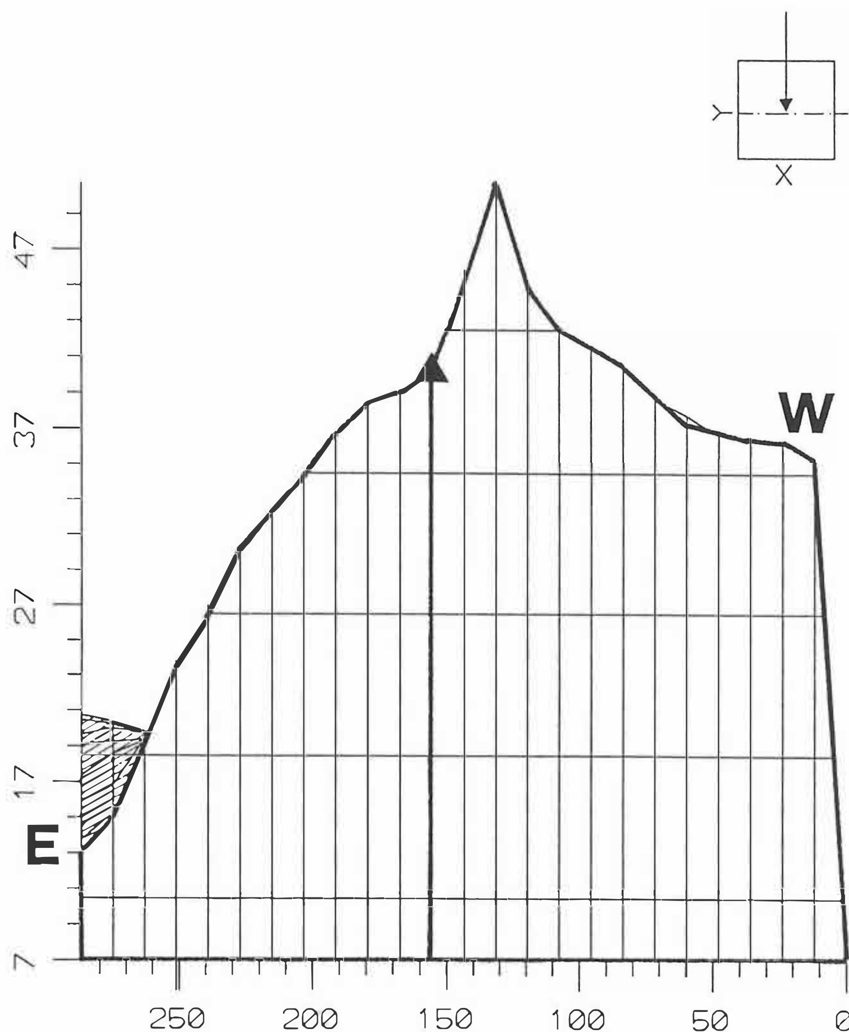


Fig. 12 - Sezione relativa alla linea A della Fig. 11. In ordinata sono riportati i valori di inquinamento atmosferico I.I.A., calcolati nel seguente modo: $I.I.A._{i} = I.A.P._{max} - I.A.P._{i}$, dove $I.I.A._{i}$ rappresenta l'Indice di Inquinamento Atmosferico della stazione i-esima, $I.A.P._{max}$ rappresenta il massimo valore di I.A.P. registrato nell'area di studio (53), $I.A.P._{i}$ l'Indice di Purezza Atmosferica della stazione i-esima; in ascissa sono riportate le coordinate geografiche. Il triangolo nero individua la posizione dell'inceneritore.

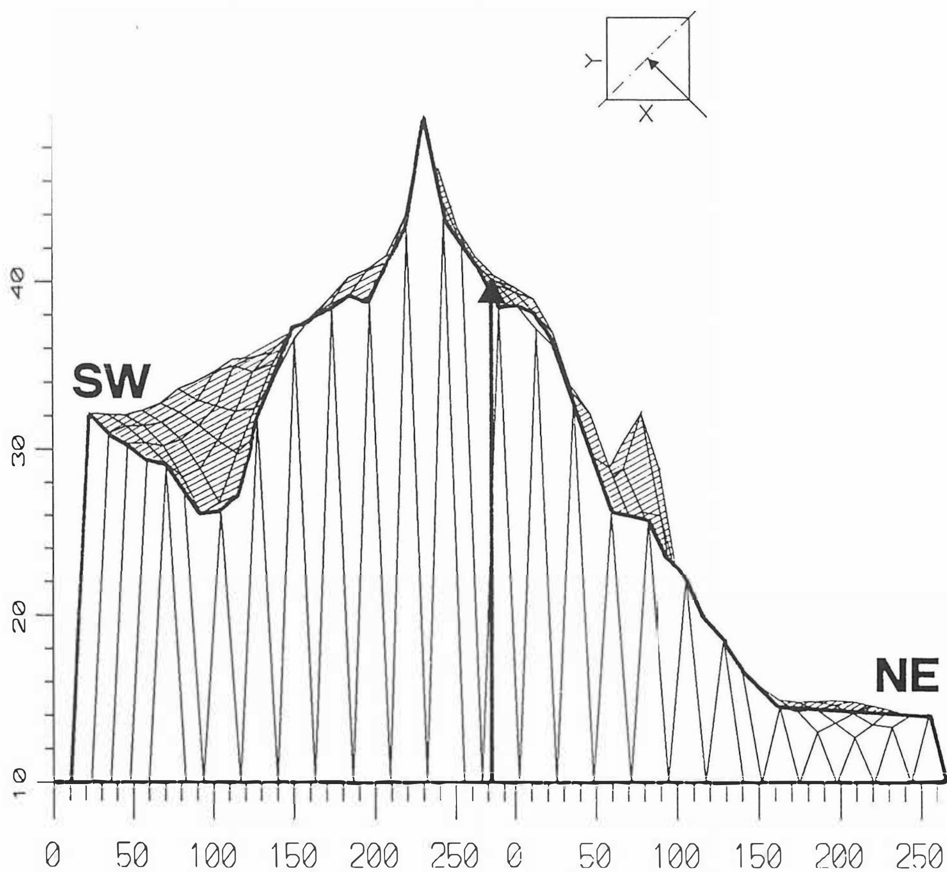


Fig. 13 - Sezione relativa alla linea B della Fig. 11. In ordinata sono riportati i valori di inquinamento atmosferico I.I.A., calcolati nel seguente modo: $I.I.A._i = I.A.P._{max} - I.A.P._i$, dove $I.I.A._i$ rappresenta l'Indice di Inquinamento Atmosferico della stazione i-esima, $I.A.P._{max}$ rappresenta il massimo valore di I.A.P. registrato nell'area di studio (53), $I.A.P._i$ l'Indice di Purezza Atmosferica della stazione i-esima; in ascissa sono riportate le coordinate geografiche. Il triangolo nero individua la posizione dell'inceneritore.

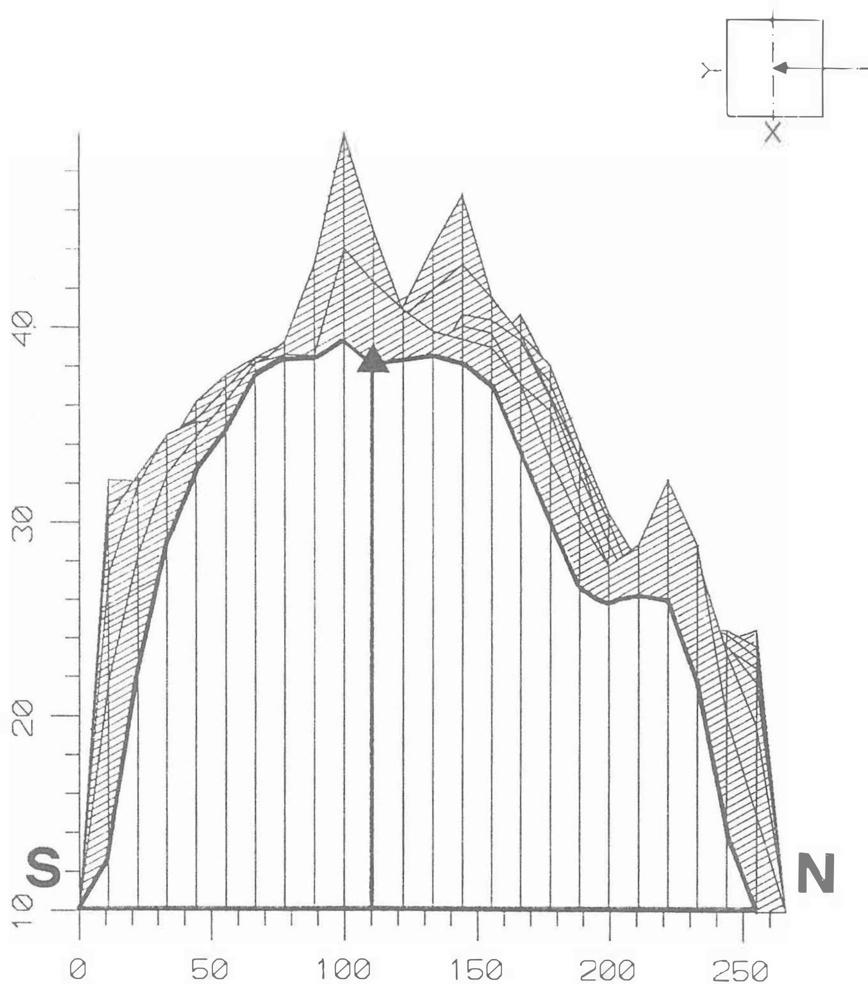


Fig. 14 - Sezione relativa alla linea C della Fig. 11. In ordinata sono riportati i valori di inquinamento atmosferico I.I.A., calcolati nel seguente modo: $I.I.A._{\cdot i} = I.A.P._{\cdot max} - I.A.P._{\cdot i}$, dove $I.I.A._{\cdot i}$ rappresenta l'Indice di Inquinamento Atmosferico della stazione i-esima, $I.A.P._{\cdot max}$ rappresenta il massimo valore di I.A.P. registrato nell'area di studio (53), $I.A.P._{\cdot i}$ l'Indice di Purezza Atmosferica della stazione i-esima; in ascissa sono riportate le coordinate geografiche. Il triangolo nero individua la posizione dell'inceneritore.

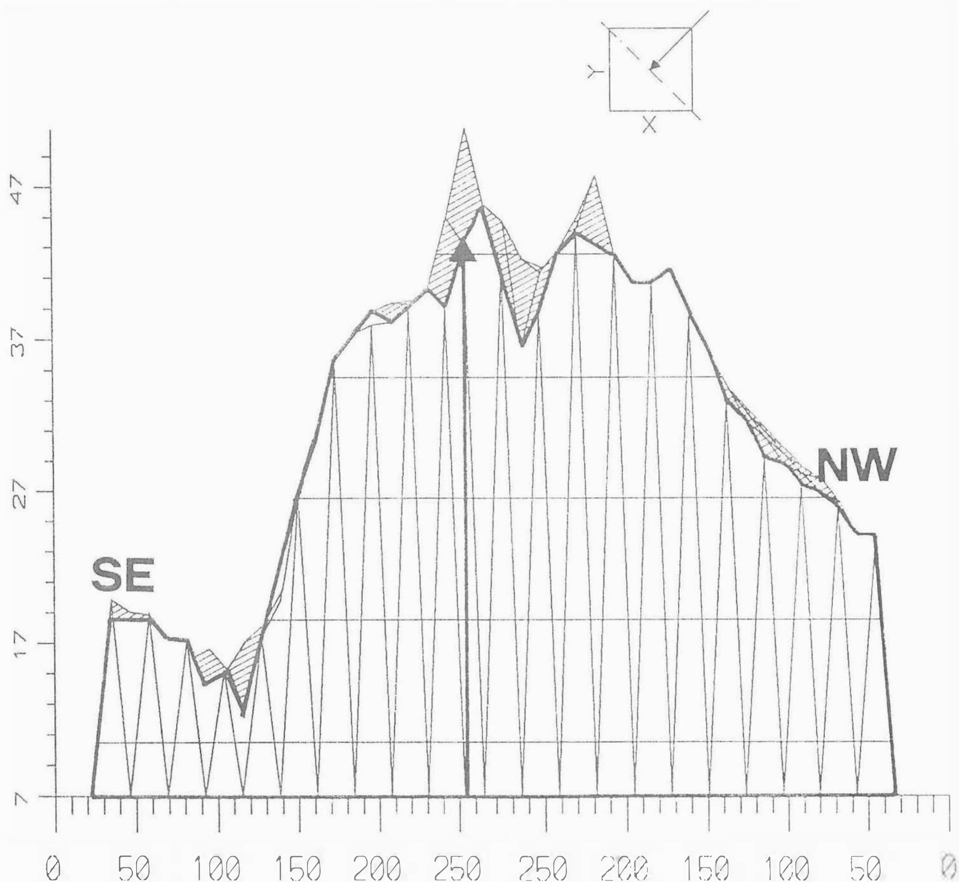


Fig. 15 - Sezione relativa alla linea D della Fig. 11. In ordinata sono riportati i valori di inquinamento atmosferico I.I.A., calcolati nel seguente modo: $I.I.A._i = I.A.P._{max} - I.A.P._i$, dove $I.I.A._i$ rappresenta l'Indice di Inquinamento Atmosferico della stazione i-esima, $I.A.P._{max}$ rappresenta il massimo valore di I.A.P. registrato nell'area di studio (53), $I.A.P._i$ l'Indice di Purezza Atmosferica della stazione i-esima; in ascissa sono riportate le coordinate geografiche. Il triangolo nero individua la posizione dell'inceneritore.

APPROCCIO DIRETTO: BIOACCUMULATORI

Analisi delle concentrazioni dei metalli nei talli lichenici

In questo capitolo vengono presentati i risultati dell'analisi spettrofotometrica dei metalli riferita alle concentrazioni nei talli lichenici di alluminio. cadmio, cromo, ferro, manganese, mercurio, nichel, piombo, rame e zinco. La Fig. 3 riporta la localizzazione delle 19 stazioni di campionamento.

Per ciascun metallo vengono riportate informazioni sulle fonti di emissione più comuni e sulla ecotossicologia, segue una parte in cui alcune considerazioni di tipo statistico vengono coadiuvate da rappresentazioni grafiche, così da permettere una comprensione "fotografica" ed organica della situazione: i risultati delle analisi vengono proposti sotto forma di carte bidimensionali di contaminazione.

In Tab. 2 vengono riportate le concentrazioni di ciascuno dei 10 metalli considerati nel tallo di *Xanthoria parietina*. Ricordiamo che i dati relativi alla concentrazione di metallo nel lichene sono espressi in ppm, cioè in microgrammi di metallo per grammo di lichene allo stato secco.

CAMPIONE	Hg	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Al	Ni	Cr
2	0.198	14.2	381	7.2	21.6	0.227	0.3	1101	0.47	1.79
4	0.120	15.6	495	9.2	17.6	0.160	2.0	1101	0.50	2.02
5	0.151	24.1	830	10.3	33.3	0.320	5.9	1449	1.50	2.74
7	0.138	23.4	667	10.3	27.5	0.227	17.6	1217	0.50	2.86
8	0.180	31.4	959	11.9	27.6	0.282	9.9	8390	0.71	2.88
9	0.145	27.0	463	7.6	24.9	0.197	1.6	1470	0.78	1.89
10	0.132	26.6	695	15.2	46.4	0.179	0.5	1487	0.82	2.94
12	0.205	39.7	632	17.2	29.7	0.335	1.6	1862	1.56	2.31
15	0.215	30.4	680	12.2	46.7	0.397	1.2	1173	0.99	2.55
19	0.113	25.3	843	17.3	30.9	0.400	9.6	3130	0.94	4.24
22	0.112	26.6	683	15.1	28.2	0.207	1.6	2647	0.68	3.30
24	0.128	14.1	315	8.5	32.4	0.132	3.6	96	0.46	1.18
25	0.080	28.4	762	14.5	23.5	0.240	3.7	2029	0.83	3.00
26	0.135	28.7	596	8.7	30.7	0.243	4.5	302	1.30	2.64
32	0.156	23.2	644	17.1	52.6	0.258	8.0	1766	0.85	2.34
35	0.105	19.3	668	10.5	22.9	0.195	0.3	226	0.49	2.40
36	0.198	17.1	592	11.2	25.8	0.321	6.5	1396	0.73	2.61
37	0.106	13.8	296	10.6	27.9	0.241	0.5	1050	0.43	1.69
38	0.323	50.2	1388	18.7	33.6	0.343	2.1	3850	1.61	3.95
media	0.154	25.2	662	12.3	30.7	0.258	4.3	1881	0.85	2.6
c. var.	35.10	35.3	36.3	28.5	28.6	28.9	102.3	94.8	43.9	27.9
scarto	0.054	8.9	240	3.5	8.8	0.074	4.4	1783	0.37	0.72

Tab. 2 - Concentrazioni dei 10 metalli considerati, espresse in ppm, riscontrate nei 19 campioni di *Xanthoria parietina* a Macerata.

Alluminio

E' il terzo elemento per abbondanza nella crosta terrestre ed è stato incluso nell'analisi soprattutto per valutare la contaminazione terrigena dei campioni.

Viene impiegato per la produzione di leghe leggere usate per la costruzione di veicoli, aerei, navi, etc., nelle vernici e per la carta di alluminio; nella forma di allume come mordente nella colorazione di fibre tessili e come impermeabilizzante.

Wohlbier & Lindner (1959) riportano valori di background nei talli lichenici da 340 a 410 ppm; Nimis et al. (1990), segnalano per l'Alto Vicentino un valore di 186 ppm.

A Macerata la media delle concentrazioni è di 1881 ppm, ma questa e il coefficiente di variazione (elevatissimo: 94.8) si abbassano di molto quando si omette il valore della stazione 8 (media = 1519 ppm, c.v. = 51.6). Ciò in quanto effettivamente la stazione 8 presenta una contaminazione ben al di sopra della norma, come segnalato in Fig. 16, a causa della vicinanza alla strada (sollevamento di polveri) ed all'esigua altezza sul tronco cui il campione è stato raccolto (causa la mancanza di materiale ad altezze superiori). Queste situazioni possono essere lette, senza ulteriori commenti, nelle Figg. 16 e 17.

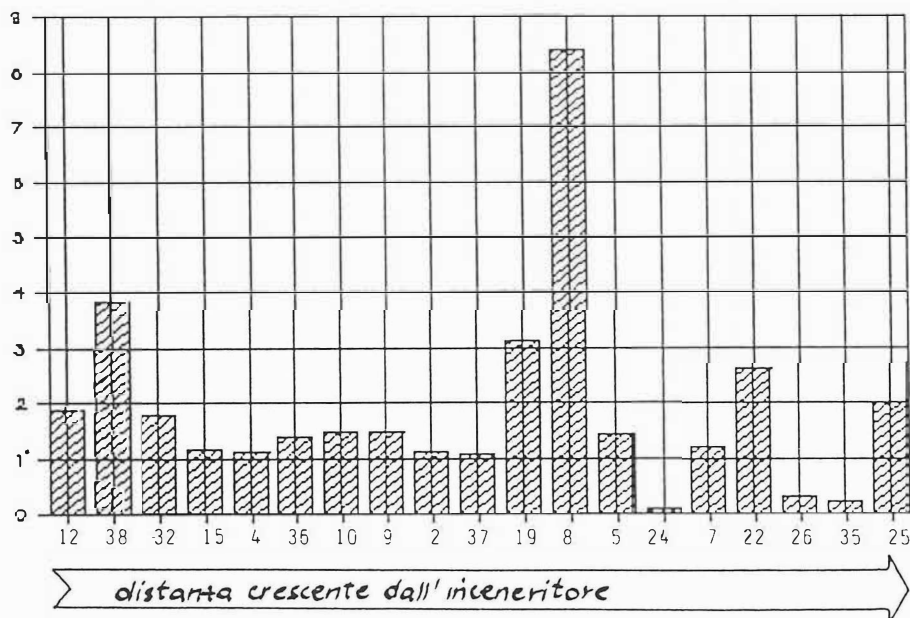


Fig. 16 - Contaminazione da alluminio: in ascissa sono riportate le stazioni ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

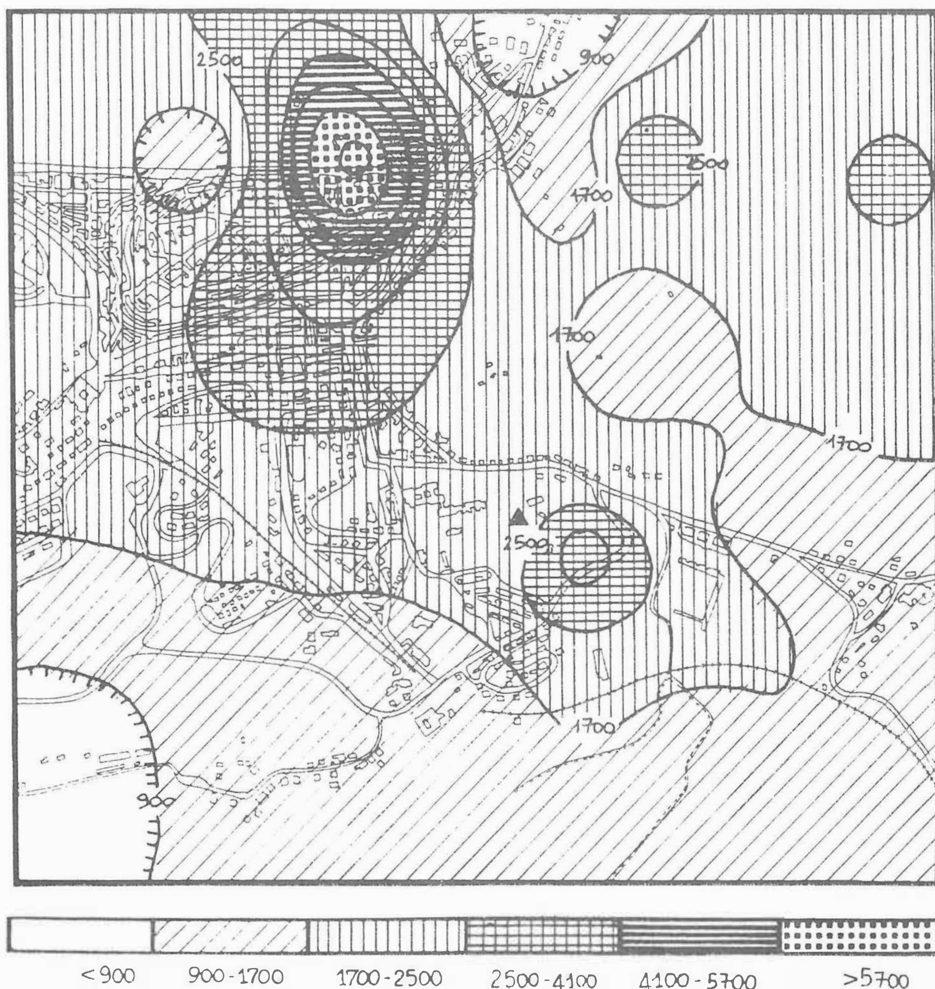


Fig. 17 - Carta bidimensionale della contaminazione da alluminio in cui sono evidenziate 6 fasce di inquinamento. Il triangolino nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Per evidenziare la presenza di metalli caratterizzati da un comportamento simile nell'area di studio, per ciascun elemento è stata calcolata la correlazione con tutti gli altri elementi sulla base dei valori di concentrazione riscontrata nei campioni lichenici delle 19 stazioni: in Figg. 18, 19 e 20 vengono riportate le rette di regressione delle coppie di elementi che hanno presentato i coefficienti di correlazione più elevati. Si tratta dell'alluminio, del ferro e del manganese, tutti elementi prevalentemente di origine terrigena.

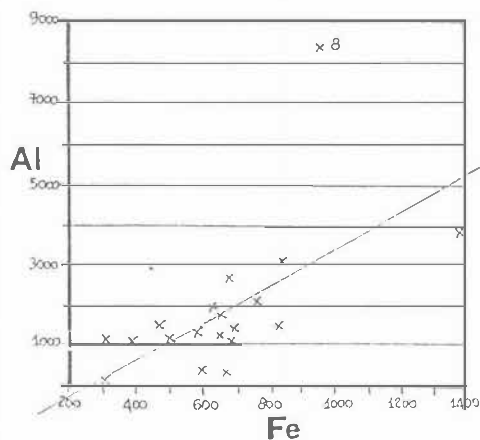


Fig. 18 - Retta di regressione del ferro ed alluminio: vi è una alta correlazione fra i due elementi (r = 0.61, p < 1%: altamente significativa). L'unica stazione che si discosta molto dalla retta di regressione è la numero 8, dove la consistente presenza di alluminio rispetto al valore ottenuto per il ferro, è spiegata dal sollevamento di polveri da parte delle macchine lungo il viale dove il campione è stato raccolto.

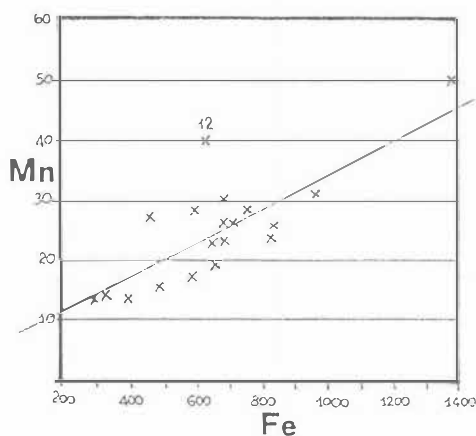


Fig. 19 - Retta di regressione del ferro e manganese: vi è una netta correlazione fra questi due elementi (r= 0.8, p < 1%: altamente significativa). L'unica stazione anomala è la numero 12, per la quale la concentrazione di manganese è più alta di quella prevista in base alla presenza di ferro; la stazione 12 è anche la più vicina all'inceneritore.

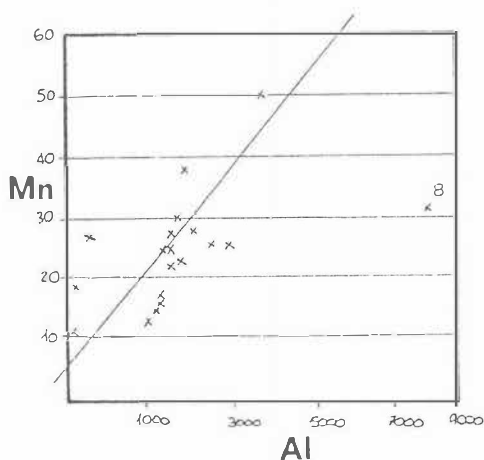


Fig. 20 - Retta di regressione del alluminio e manganese: tra i due elementi vi è una buona correlazione (r= 0.47, p < 5%: significativa). L'unica stazione anomala è di nuovo la numero 8, per la quale vale quanto detto a proposito della Fig. 18.

Cadmio

Elemento relativamente raro (0.5 ppm nella crosta terrestre), è tossico sia per gli animali che per le piante ed ha potere cancerogeno. Viene immagazzinato nel rene e nel fegato e il suo effetto più dannoso è la perdita dei minerali delle ossa, che divengono flessibili e tenere (Lee, 1972).

E' un sottoprodotto delle industrie dello zinco e del piombo, e viene usato nell'industria automobilistica, nella produzione di pigmenti, batterie, leghe e del piombo tetraetile, come dietilcadmio; deriva inoltre dall'utilizzo di fertilizzanti fosfatici e pesticidi, dalla combustione del carbone, petrolio, carta e rifiuti urbani.

Adriano (1986) riporta concentrazioni da 4 a 17 ppm in piante di ambienti contaminati e da 0.1 a 2.4 in aree lontane da fonti inquinanti.

Le concentrazioni nei talli lichenici sono piuttosto costanti, ed hanno valori che non superano generalmente 1 ppm.: Bargagli (in litt.) riporta un valore di background di circa 0.6 ppm.

A Macerata questo elemento presenta una media di 0.26 ppm ed il coefficiente di variazione è abbastanza basso (28.9), come si può desumere anche da un'analisi della Fig. 21.

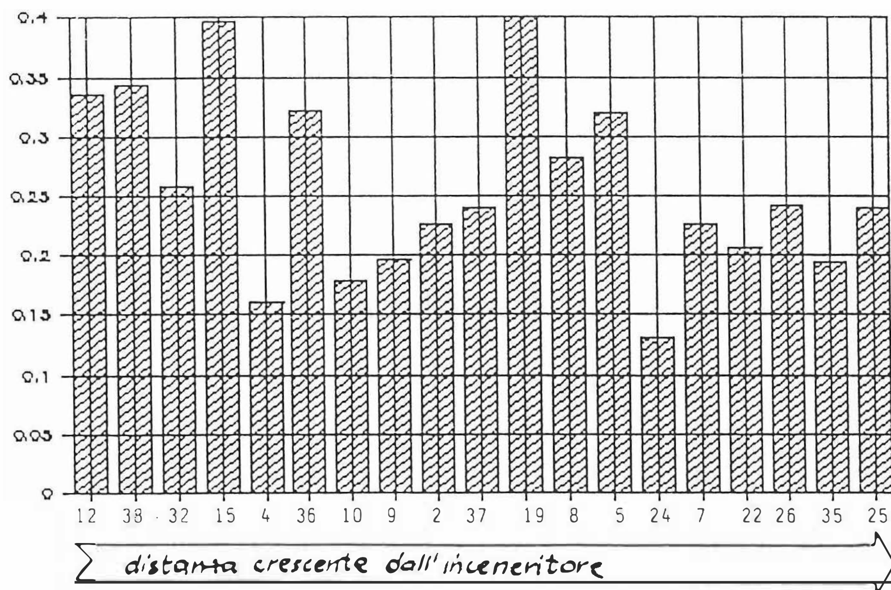


Fig. 21 - Contaminazione da cadmio: in ascissa sono riportate le stazioni, ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

La contaminazione è abbastanza uniforme in tutti i campioni, anche se si possono individuare dei massimi relativi nelle stazioni 12, 38 e 15, vicine all'inceneritore (rispettivamente 0.335, 0.343 e 0.397 ppm) e nelle stazioni 19 e 5 (0.4 e 0.320 ppm).

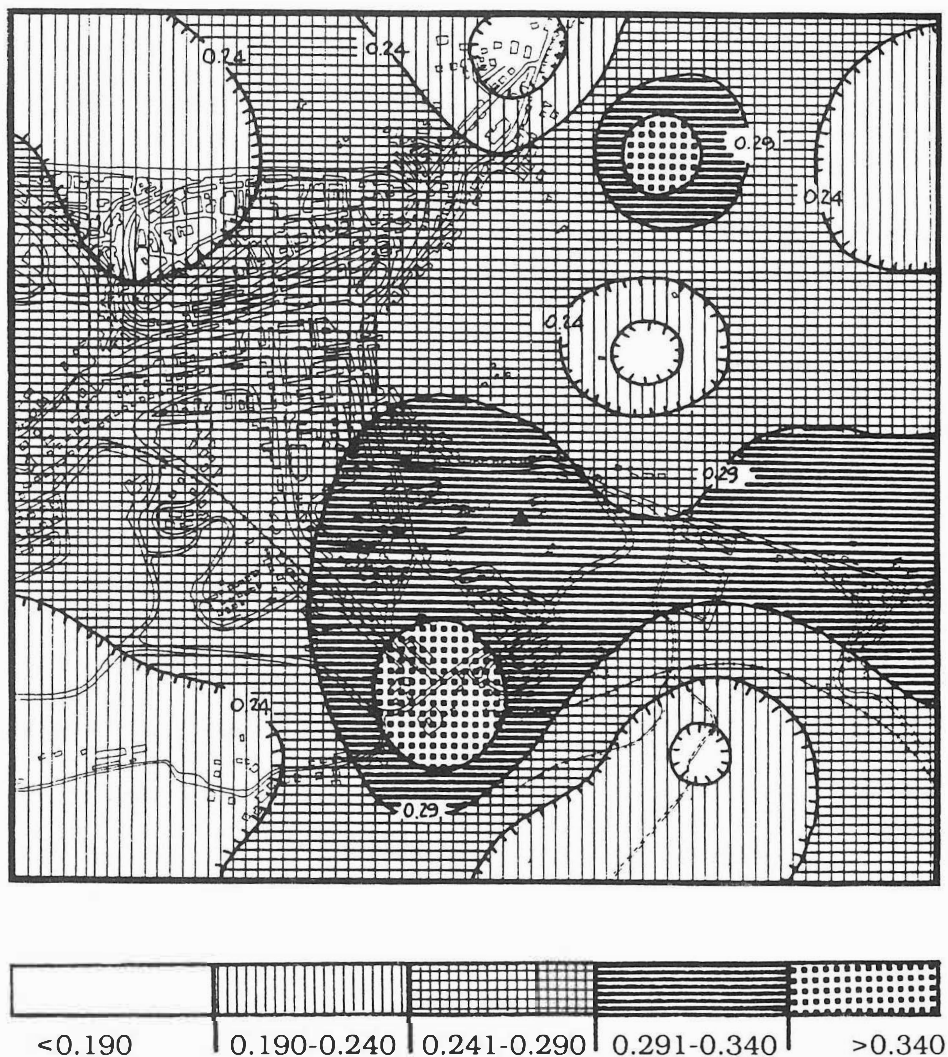


Fig. 22 - Carta bidimensionale della contaminazione da cadmio in cui sono evidenziate 5 fasce di inquinamento. Il triangolino nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Cromo

Presente nella crosta terrestre in misura di 80-200 ppm, si trova comunemente nello stato di ossidazione III.

E' molto usato negli impianti di cromatura, nella produzione di vernici, nelle concerie, cartiere, tintorie industriali, lavorazione dell'acciaio e altri metalli.

Molto tossico è lo stato di ossidazione VI che può provocare cancro all'apparato respiratorio e ulcerazioni della pelle (Lee, 1972).

Secondo Bargagli (in litt.), il background naturale nei talli lichenici dovrebbe aggirarsi intorno a 0.6 ppm; secondo Nimis et al. (1990) esso sarebbe di 0.32 ppm nell'Alto Vicentino.

A Macerata la media delle concentrazioni per questo elemento è molto alta se confrontata con dati di letteratura: 2.6 ppm, con coefficiente di variazione di 27.9. Ancora una volta (Fig. 23) la contaminazione massima si ritrova nelle stazioni 38 (3.95 ppm, vicina all'inceneritore) e 19 (4.24 ppm), che da sole spiegano il 7% della variabilità.

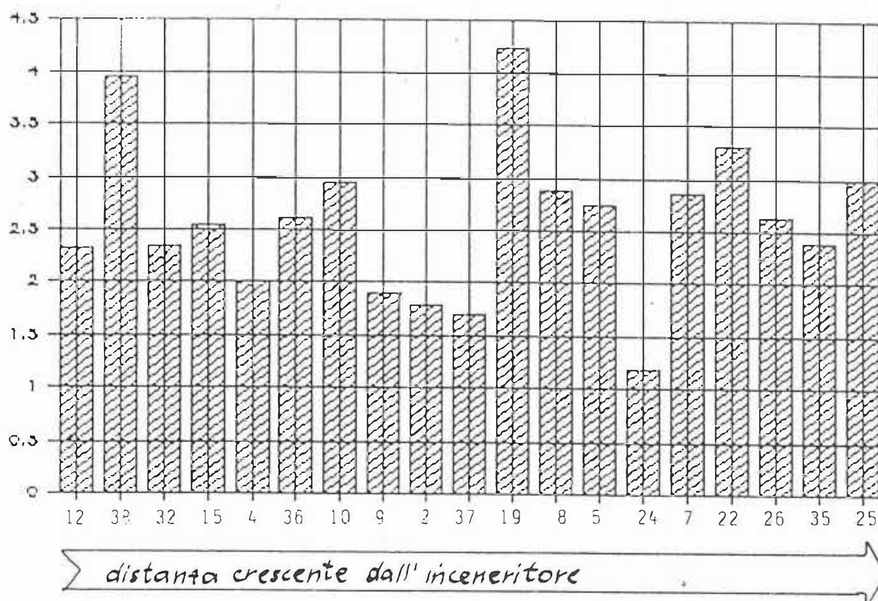


Fig. 23 - Contaminazione da cromo: in ascissa sono riportate le stazioni ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

La Fig. 24 mostra la localizzazione delle zone maggiormente colpite da questa forma di contaminazione che è forse una delle più pericolose per la salute dell'uomo.

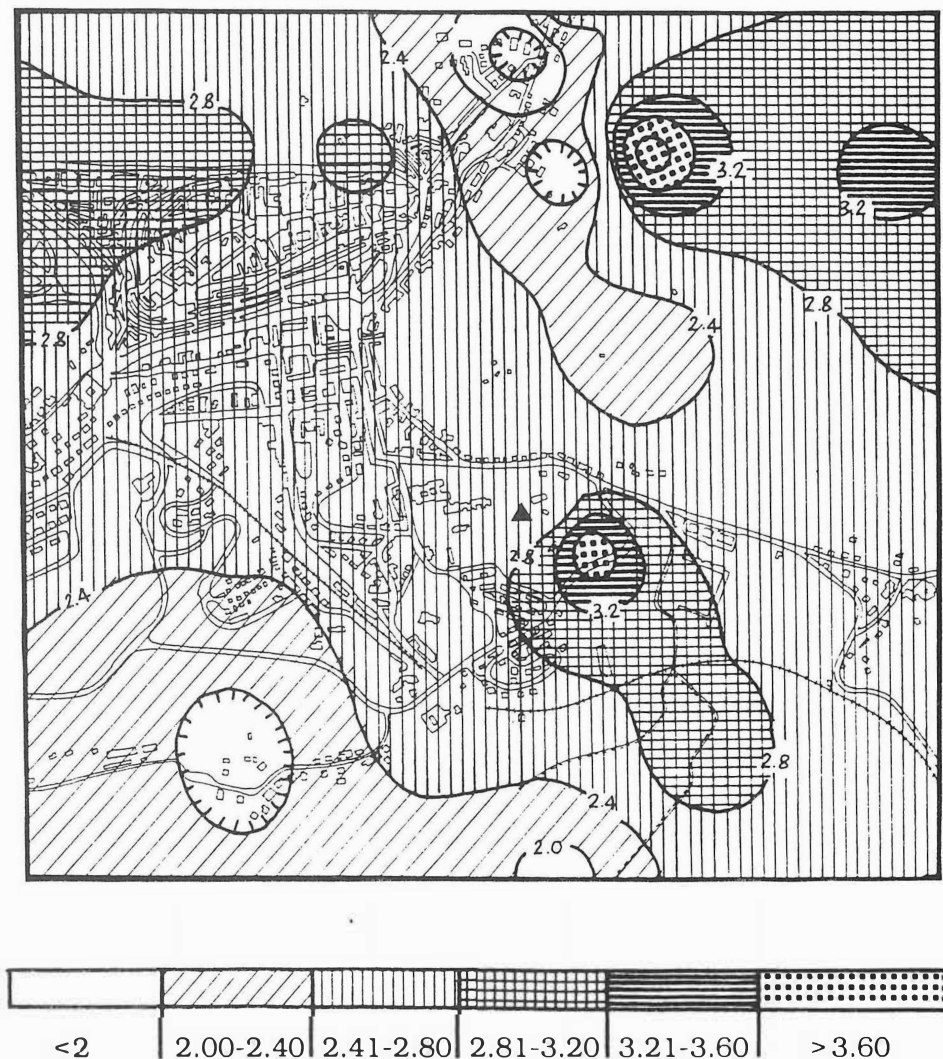


Fig. 24 - Carta bidimensionale della contaminazione da cromo in cui sono evidenziate 6 fasce di inquinamento. Il triangolo nero indica la localizzazione dell'inceneritore.

Ferro

E' il quarto elemento per abbondanza nella crosta terrestre ed infatti, come l'alluminio, ha prevalentemente origine litogena. E' presente nei composti umici in forma colloidale, ed è il più abbondante e meglio conosciuto nei sistemi biologici.

Fonti secondarie sono gli scarichi delle miniere che in presenza di ossigeno danno precipitati di idrossido ferrico visibili come depositi giallastri; ancora, le industrie chimiche, metallurgiche e petrolifere (Floccia et al., 1985).

Il background naturale nei talli lichenici stimato da Bargagli (in litt.) dovrebbe aggirarsi attorno a 700 ppm; Nimis et al. (1990) riportano un valore di 508 ppm.

La media delle concentrazioni dei campioni di Macerata è di 662 ppm, con un massimo di 1388 ppm proprio nella stazione 38, posta un centinaio di metri a Sud-Est dell'inceneritore; il coefficiente di variazione, che è di 36.3, si abbassa notevolmente quando si omette il dato relativo alla stazione 38, raggiungendo il valore di 26.2. Ciò evidenzia l'importanza di questa stazione nel determinare la variabilità tra stazioni, che sarebbero altrimenti molto simili e con differenze riconducibili a variazioni naturali; la stazione 38 è ancora una volta inquinata in

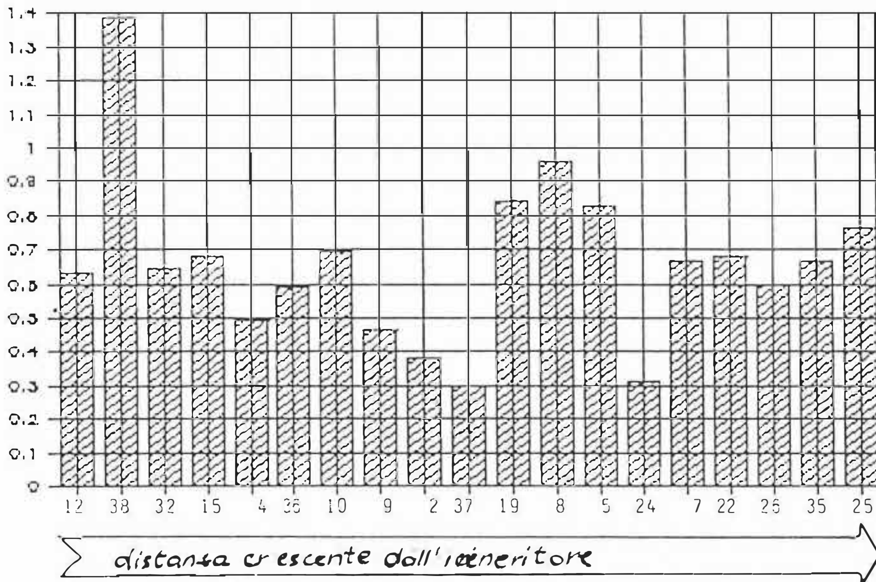


Fig. 25 - Contaminazione da ferro: in ascissa sono riportate le stazioni, ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

misura consistente anche se l'esiguità della contaminazione nelle stazioni vicine non permette di imputare la consistente presenza del ferro al vicino inceneritore.

La situazione è ben evidenziata dagli istogrammi di Fig. 25: al picco della stazione 38 si contrappone la sostanziale omogeneità delle altre stazioni, anche se va sottolineata la considerevole presenza di ferro nelle stazioni 8 e 25, vicine alla strada, e nella stazione 19, che presenta alte concentrazioni di svariati metalli. La Fig. 26 riassume in una carta bidimensionale le considerazioni fatte precedentemente.



Fig. 26 - Carta bidimensionale della contaminazione da ferro. Sono evidenziate 5 fasce di inquinamento. Il triangolino nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Manganese

E' uno dei metalli più abbondanti negli organismi viventi.

Si impiega nell'industria del ferro e dell'acciaio (nei fumi c'è il 4% di ossido di manganese) ed è presente anche come additivo nei carburanti (Floccia et al., 1985); altre fonti sono rappresentate dalla combustione di carbone, petrolio e dall'incenerimento di rifiuti.

Risulta tossico solo per le piante, quando suoli con un pH inferiore a 6 vengono irrigati con acque aventi concentrazioni di manganese di qualche milligrammo (IRSA-CNR, 1973). D'altra parte un suo deficit porta a clorosi e ad insufficiente accrescimento fogliare.

Il manganese è l'unico elemento presente in minor misura nel lichene rispetto alle foglie di piante superiori (Tuominen & Jaakkola, 1973 e Lounamaa, 1956), tanto che Puckett (1988) ritiene che briofite e licheni non siano dei buoni indicatori per questo elemento. Alcuni autori affermano che il comportamento del manganese può essere descritto in termini della sua suscettibilità ad essere rimosso da altri elementi competitori quali il magnesio. Il valore di background stimato da Bargagli (in litt.) per i talli lichenici è di circa 30 ppm, quello stimato da Nimis et al. (1990) è di 19.6 ppm..

La media delle concentrazioni nell'area di studio è di 25,2 ppm e, come nel caso del mercurio, il coefficiente di variazione (35.3) non è molto elevato.

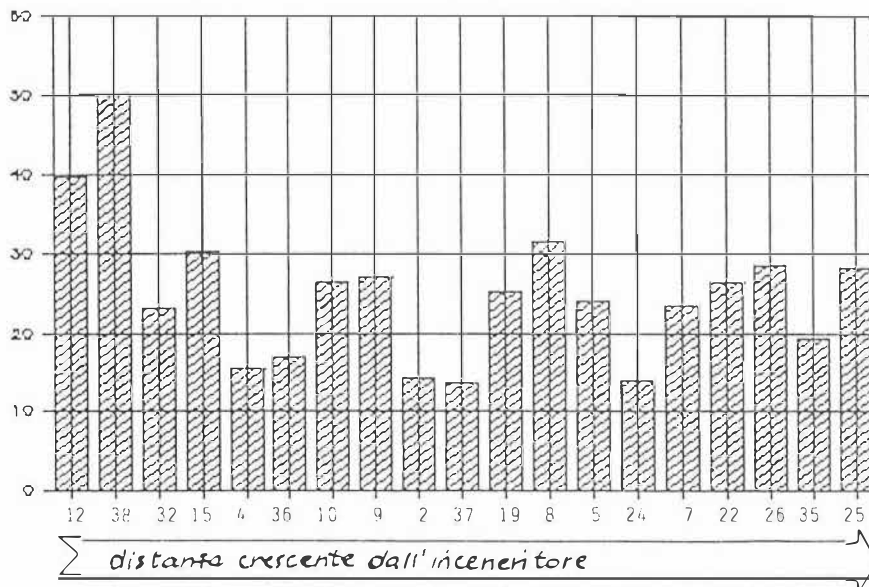


Fig. 27 - Contaminazione da manganese: in ascissa sono riportate le stazioni ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

Anche per questo metallo sono stati misurati dei picchi di contaminazione sensibilmente più alti in alcune stazioni: si tratta ancora delle stazioni nelle immediate vicinanze dell'inceneritore (39.7 ppm nella stazione 12 e 50.2 ppm nella stazione 38) (Fig. 27). In particolare il valore della stazione 38 è altamente significativo, non imputabile sicuramente alla variabilità naturale: è evidente l'azione fondamentale delle emissioni del vicino inceneritore, anche se tali emissioni non sono molto consistenti (Fig. 28).



Fig. 28 - Carta bidimensionale della contaminazione da manganese. Sono evidenziate 6 fasce di inquinamento crescente. Il triangolino nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Mercurio

E' uno degli elementi meno abbondanti nella crosta terrestre (0.027 ppm, Floccia, 1985), appena il 74° per abbondanza ma molto importante sotto il profilo ambientale per la sua alta tossicità e per le modalità di circolazione in natura. Il "Geological Survey Professional Paper", n. 713 indica i seguenti livelli di Hg nell'ambiente: roccia 0.01 ppm, terreno 0.1 ppm, aria 0.00001 ppm e acque fluviali 0.0001 ppm.

Il mercurio possiede una spiccata tendenza a passare nell'atmosfera, ritornando in breve tempo sulla superficie terrestre con le piogge. Il solo minerale che contenga mercurio in concentrazioni sufficienti per l'utilizzo a livello industriale è il cinabro: l'estrazione da questo minerale mediante arrostimento contamina pericolosamente l'atmosfera in prossimità dei forni.

Il mercurio viene utilizzato nelle industrie chimiche, industrie produttrici di cloro e soda caustica (elettrolisi), industrie petrolchimiche, fonderie, acciaierie, nella fabbricazione di vernici e delle carta, batterie ed interruttori elettrici, per la produzione di insetticidi e fungicidi agricoli; viene impiegato piuttosto frequentemente negli antisettici, cere per pavimenti, prodotti lucidanti per mobili, ammorbidenti di tessuti, filtri dei condizionatori d'aria (Dall'Aglio, 1988). Negli ultimi vent'anni la sua produzione è aumentata di 20 volte.

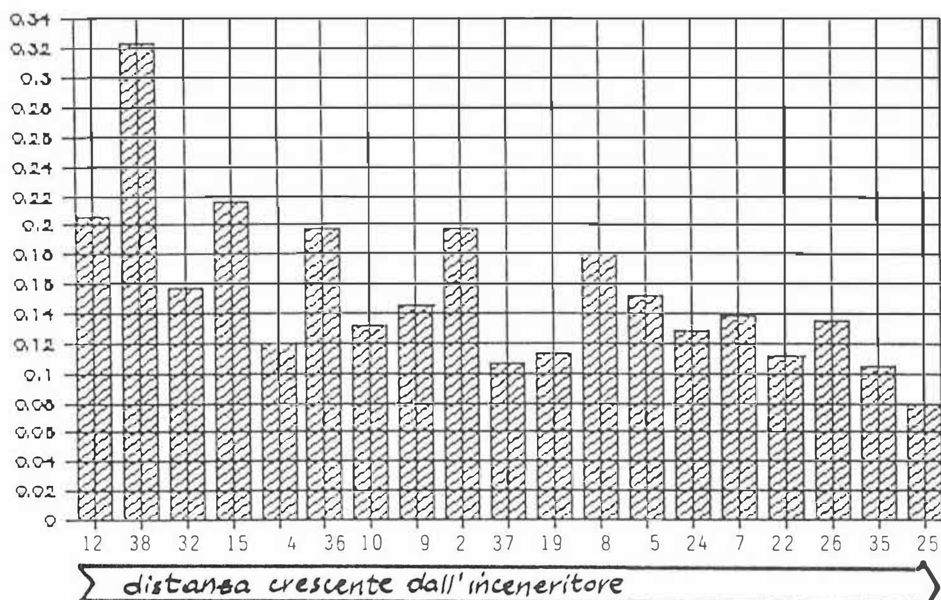


Fig. 29 - Contaminazione da mercurio: in ascissa sono riportate le stazioni, ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

La tossicità del mercurio e dei suoi composti organici è dovuta alla grande affinità dimostrata per i gruppi sulfidrilici delle proteine cellulari: legandosi alle proteine di membrana oppure agli enzimi cellulari il mercurio può determinare l'alterazione delle normali attività cellulari.

Il mercurio ed i suoi composti possono subìre trasformazioni biologiche sia nell'ambiente che nell'organismo; i composti organici sono i più pericolosi perchè permeano le membrane e si accumulano nel cervello, fegato e rene. E' stato dimostrato che il metilmercurio tende ad accumularsi nelle catene alimentari con effetti fortemente tossici.

Nei vegetali causa disturbi mitotici ma fortunatamente le piante ne assorbono solo piccole quantità e la concentrazione nei tessuti vegetali è generalmente inferiore a 0.1 ppm (Environment, maggio 1969).

I valori di background nei talli lichenici riportati da Bargagli (in litt.) corrispondono a 0.15 ppm, con massimi non superiori a 0.25 ppm. Per la zona dell'Alto Vicentino, Nimis et al. (1990) riportano valori pari a 0.107 ppm.

Nell'area studiata la contaminazione media è di 0.154 ppm, con deviazione standard di 0.054.

La concentrazione maggiore di mercurio (0.323 ppm) è stata rilevata presso la stazione 38, subito a Sud-Est dell'inceneritore; la stazione meno contaminata (0.08 ppm) è invece quella più distante dall'inceneritore, la 25.

La Fig. 29 rappresenta con degli istogrammi l'andamento dell'inquinamento da mercurio a distanza crescente dall'inceneritore. E' evidente la proporzione inversa fra distanza e contaminazione, tanto più se si considera l'ampio raggio di deposizione del mercurio, fatto che porta ad un livellamento della contaminazione nelle stazioni. Ciò nonostante i valori estremi differiscono addirittura di un fattore 1: 4 (il coefficiente di variazione è pari a 35.1).

Si tenga presente che le stazioni 4, 37 e 19 (quest'ultima presenta dei massimi per quasi tutti gli altri metalli), che presentano dei valori di contaminazione bassi rispetto a quelli che la loro distanza dall'inceneritore farebbe supporre, sono tutte poste a Nord dello stesso, cioè sopravento.

Nella Fig. 30 viene proposta la carta della contaminazione da mercurio, in cui sono state distinte 6 fasce : la zona maggiormente colpita dall'inquinamento da mercurio è quella circostante l'inceneritore, con il massimo nella zona immediatamente a Sud-Est (sottovento) dello stesso, in corrispondenza della stazione 38; le zone meno contaminate sono quelle a Nord-Est e Nord-Ovest della città.

Circostanze simili si sono verificate nella Provincia di Trieste dove, in un'area molto più vasta, i massimi del mercurio sono stati misurati proprio in corrispondenza dell'inceneritore dell'Ospedale di Cattinara (Gasparo, 1989); lo stesso dicasi per una ricerca effettuata nell'Alto Vicentino (Nimis et al., 1990).

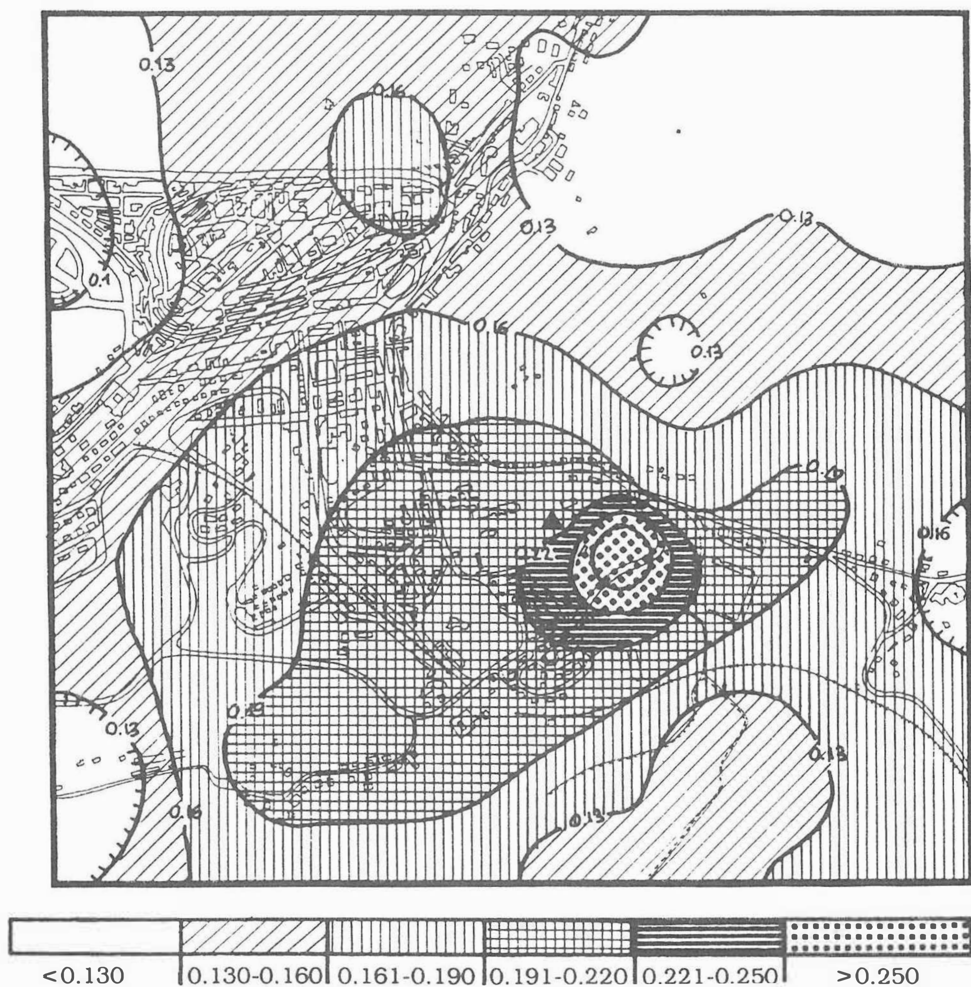


Fig. 30 - Carta bidimensionale della contaminazione da mercurio. Sono evidenziate 6 fasce di inquinamento crescente. Il triangolino nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Nichel

E' presente ubiquitariamente negli ecosistemi naturali, con un background di 200 ppm nella crosta terrestre (Floccia et al., 1985).

Le principali fonti secondarie sono la combustione del carbone (10 ppm), del petrolio (110 ppm) e del gasolio (2 ppm) e ancora gli inceneritori, le fonderie e le acciaierie (Floccia et al., 1985): la sua presenza nell'atmosfera è aumentata negli ultimi anni proprio a causa dei combustibili fossili (vengono emesse 70.000 tonnellate/anno).

Generalmente non è tossico per le piante, che possono accumularne quantità elevate, ed è dubbia la sua tossicità per gli animali (tanto che non ci sono limitazioni per la sua presenza nell'acqua), anche se si ritiene responsabile di cancro ai polmoni (fumo delle sigarette).

Le concentrazioni nelle piante, in zone non contaminate da fonti secondarie, vanno da 0.20 a 3.00 ppm, mentre in zone contaminate sono state rilevate concentrazioni superiori a 11 ppm (Adriano, 1986). Nei licheni, Wohlbier & Lindner (1959) hanno rilevato concentrazioni da 1.40 a 1.60 ppm, mentre Bargagli (in litt.) stima un background naturale di circa 0.90 ppm.

Nei campioni di *Xanthoria parietina* la concentrazione media è di 0.85 ppm, con massimi nelle due stazioni più vicine all'inceneritore (1.61 ppm nella stazione 38 e 1.56 ppm nella 12; vd. Fig. 31).

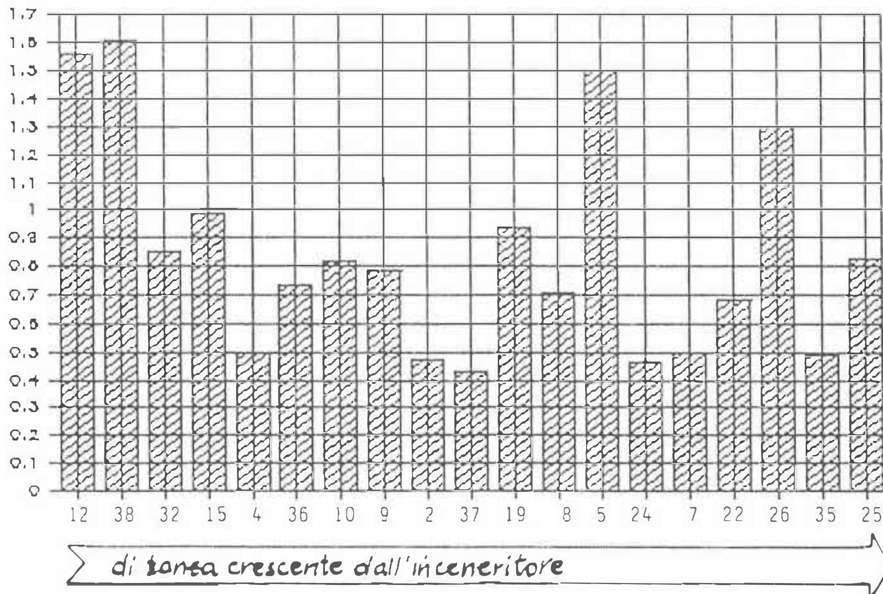


Fig. 31 - Contaminazione da nichel: in ascissa sono riportate le stazioni ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

Il coefficiente di variazione abbastanza elevato (43.9) indica che vi è certamente un fattore di disturbo.

Anche la carta bidimensionale della contaminazione (Fig. 32) individua nella zona dell'inceneritore l'epicentro di emissione di questo metallo. Da segnalare anche una consistente presenza di nichel presso la stazione 5, per la quale al momento attuale non è possibile formulare alcuna ipotesi.



Fig. 32 - Carta bidimensionale della contaminazione da nichel in cui sono evidenziate 6 fasce di inquinamento. Il triangolo nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Piombo

Presente nella crosta terrestre in misura ridotta (20 ppm) esso tende ad accumularsi negli organismi e risulta quindi tossico per animali e piante (Caglioti, 1979). Nelle aree urbane ci sono valori di punta di 71 $\mu g/m^3$ di aria mentre nelle aree non urbane la concentrazione scende a 0.0002 $\mu g/m^3$ (Floccia et al., 1985).

Fonte principale è la combustione degli additivi antidetonanti nella benzina, ma notevole è pure l'apporto dato dalle fonderie e dalla combustione del carbone.

La tossicità del piombo è dovuta all'affinità dimostrata nei confronti dei gruppi sulfidrilici delle proteine: sono noti effetti inibitori nei confronti di alcuni enzimi che si manifestano ad esempio sotto forma di anemie a causa dell'alterazione della biosintesi del gruppo eme.

Il piombo tende ad accumularsi negli organismi, risultando tossico per gli animali e le piante (Caglioti, 1979). I danni maggiori dovuti ad esposizione di piombo sono a carico del sistema eritropoietico, nervoso, gastrointestinale e renale. Per quanto riguarda il metabolismo e gli effetti nei confronti dell'uomo, si ritiene che circa il 30% del piombo inalato venga assorbito e circa il 10% del piombo ingerito venga assorbito dal tratto gastrointestinale. Il maggior compartimento di deposito dell'elemento è l'osso, dove si trova circa il 90% del piombo corporeo e dove ha un'emivita biologica di 20 anni; nel sangue (dove si trova legato agli eritrociti probabilmente in associazione con l'emoglobina) e nei tessuti molli ha un'emivita biologica di 20 giorni. L'eliminazione del piombo assorbito avviene prevalentemente per via urinaria (80%); altre vie di escrezione sono i capelli, le unghie ed il sudore (Dall'Aglio, 1988).

Numerosi studi (Adriano, 1989; Leonzio & Pisani, 1987; Favretto et al., 1986) confermano che la contaminazione da piombo dovuta al traffico segue una duplice funzione esponenziale a partire dalla strada: un primo esponente è associato al particellato grossolano che si deposita entro i 5 metri dal margine stradale, ed un secondo esponente è associato a particelle più piccole, che si depositano entro un raggio di 100 metri.

La funzione più semplice, che non tiene conto della direzione dei venti, intensità del traffico e dell'esposizione contemporaneamente, ma considera la distanza dalla strada, è la seguente: $C = Bkg + A\,e^{-KD}$
dove C è la concentrazione del piombo nel campione analizzato, espressa in microgrammi per grammo (ppm); A l'incremento sopra il livello di background di un campione a 0 metri dalla strada espresso in ppm; K una costante di decadimento di primo ordine (m^{-1}) e D la distanza dalla strada espressa in metri. Il termine addizionale Bkg indica che il valore più basso non è zero ma il livello naturale del campione (background).

Almeno la metà del piombo generato dalla combustione di antidetonanti è sotto forma di aerosols finemente suddivisi, che possono venir trasportati lontano dal vento, tanto che Muruzumi et al. (1969) hanno riscontrato una corrispondenza tra aumento del consumo di tetralchilati e aumento del piombo addirittura nelle nevi groenlandesi.

Pur essendovi in Italia un consumo maggiore di piombo per la produzione di accumulatori e cavi rispetto a quello usato per gli antidetonanti, questi assumono molta più importanza come fonti contaminanti a causa della totale irrecuperabilità del piombo, così come accade per i pallini da caccia e per i pigmenti.

Un litro di benzina contenente piombo è sufficiente a contaminare 130.000 m^3 di aria pura per un mese, ad un livello di 3 mg di Pb per m^3; il 70-80% del piombo bruciato nel motore proviene dal tubo di scappamento ed il 62-80% delle particelle di piombo emesse hanno un diametro inferiore a 2 µm. La polvere sospesa nell'aria ha particelle inferiori a 10 µm e la lunghezza media del periodo di permanenza del piombo sospeso nell'atmosfera è di circa un mese.

Il background naturale nei talli lichenici è stato stimato da Bargagli (in litt.) a circa 15 ppm, mentre Nimis et al. (1990) riportano per la zona dell'Alto Vicentino un valore pari a 8.8 ppm.

L'analisi del contenuto di piombo nei talli lichenici raccolti nei dintorni di Macerata ha confermato l'importanza che il traffico veicolare assume come fonte di emissione.

L'alto coefficiente di variazione (101) segnala le notevoli differenze riscontrate fra stazioni vicine alla strada e stazioni lontane (vd. Fig. 33): le stazioni 7 e 8, poste lungo un viale molto trafficato a Nord della città, presentano

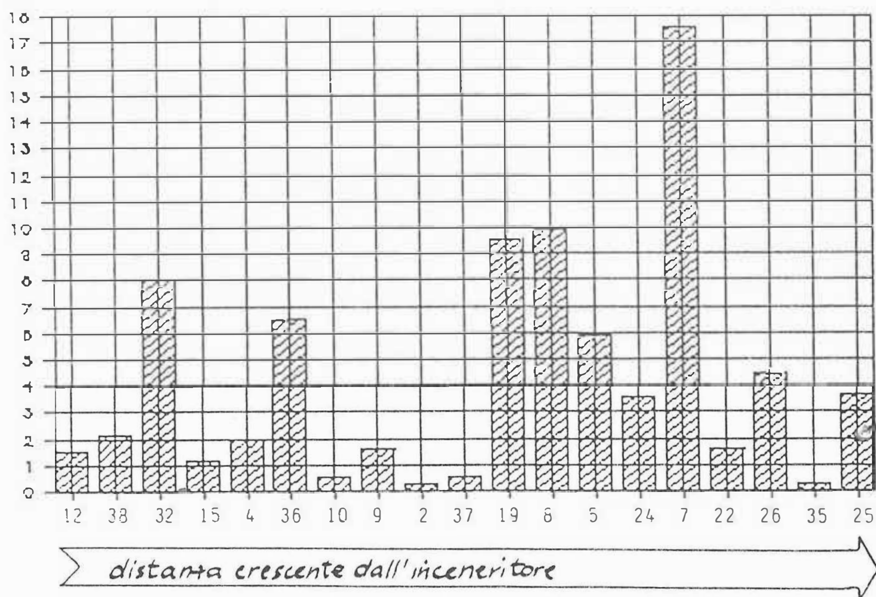


Fig. 33 - Contaminazione da piombo: in ascissa sono riportate le stazioni ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

i livelli massimi di inquinamento (rispettivamente 17.6 e 9.9 ppm, a fronte di una media di 4.3 ppm) spiegando da soli il 40% della variabilità.

Le stazioni con contaminazione minore sono quelle poste a notevoli distanze dalle strade, o in zone a bassa densità di traffico (stazioni 10, 2, 37 e 35, rispettivamente con 0.5, 0.3, 0.5 e 0.3 ppm).

Questa situazione è ben evidenziata in Fig. 34, che appunto identifica la sorgente di emissione nelle aree ad alta densità di traffico. Da sottolineare ancora una volta la presenza consistente di piombo nella stazione 19.



Fig. 34 - Carta bidimensionale della contaminazione da piombo in cui sono evidenziate 6 fasce di inquinamento. Il triangolo nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Rame

Presente in abbondanza nella crosta terrestre, può essere tossico per le piante anche a concentrazioni non elevate, mentre risulta scarsamente tossico per gli animali e per l'uomo (è un micronutriente essenziale: sono necessari 2 mg/giorno, Floccia et al., 1985).

Si impiega per produrre vari tipi di leghe, pitture, lastre fotografiche e certi additivi alimentari usati nell'allevamento dei maiali, nell'industria del ferro e dell'acciaio e nella produzione di pesticidi; altre fonti secondarie sono la combustione del carbone, del petrolio e l'incenerimento dei rifiuti urbani.

Nei vegetali le concentrazioni normali di rame vanno da 4 a 20 ppm (Floccia et al., 1985), e questa quantità risulta indispensabile per la sintesi della clorofilla (un suo deficit provoca clorosi); al di sopra di questi valori il rame diventa tossico per la pianta. Bargagli (in litt.) riporta un background naturale nei talli lichenici intorno alle 10 ppm, Nimis et al. (1990) un valore pari a 6.9 ppm.

Anche in questo caso il coefficiente di variazione relativamente basso (28.5) indica che le 19 stazioni sottostanno tutte ad un regime di inquinamento comparabile. Comunque spiccano i valori delle stazioni 38, (con il massimo assoluto, 18.7 ppm), 12, 32 e 19 (rispettivamente con 17.2, 17 e 17.3 ppm), tutte, eccettuata la stazione 19, molto vicine all'inceneritore.

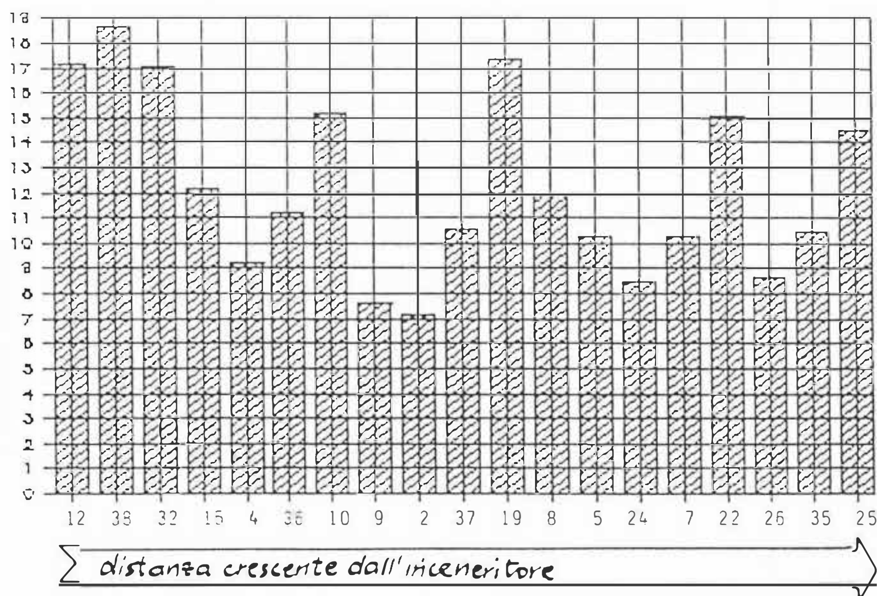


Fig. 35 - Contaminazione da rame: in ascissa sono riportate le stazioni, ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni espresse in ppm.

Tale situazione è rappresentata in Fig. 35 e in Fig. 36, dove si può notare come la contaminazione minore si trovi nella zona meridionale dell'area di studio, corrispondente alle stazioni 2 e 9 (rispettivamente 7.2 e 7.6 ppm), poste in zone sicuramente non interessate da fenomeni di inquinamento da traffico veicolare o da altre identificabili fonti localizzate (quali l'inceneritore).

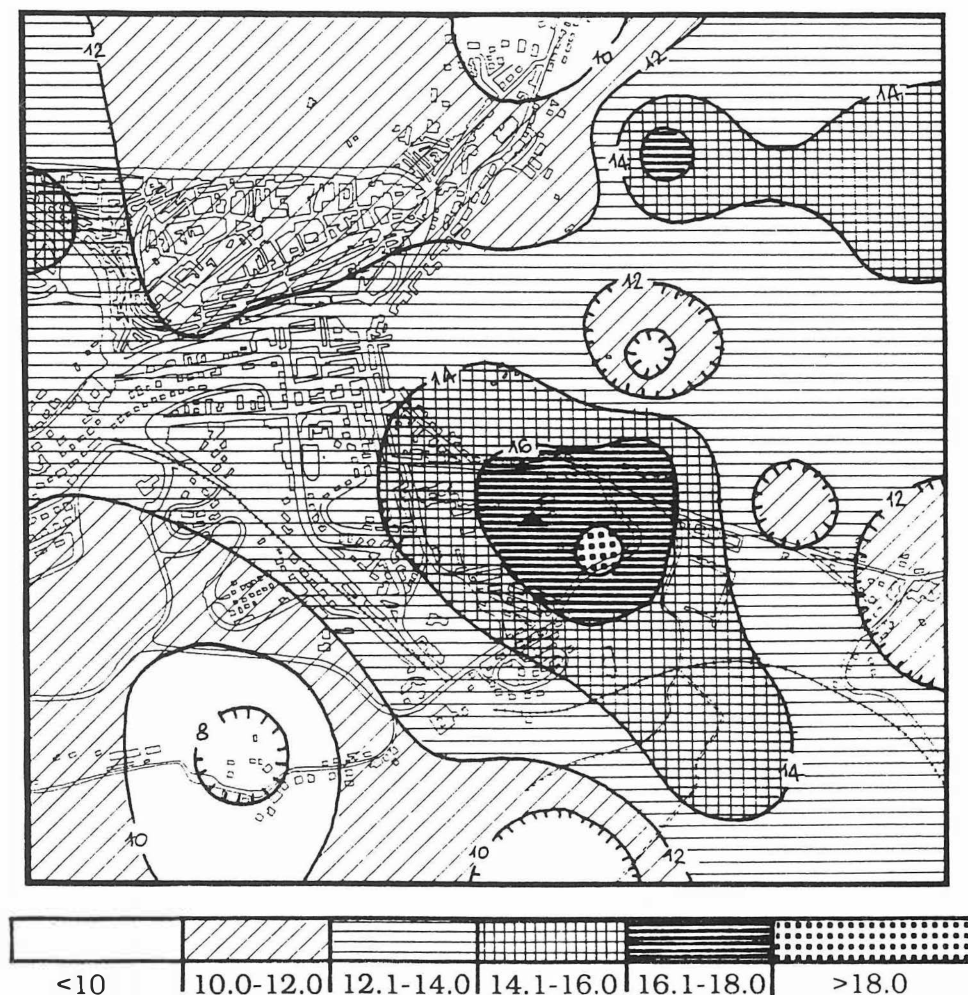


Fig. 36 - Carta bidimensionale della contaminazione da rame, con 6 fasce di inquinamento. Il triangolino nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Zinco

Presente nella crosta terrestre con 40 ppm, lo zinco è relativamente poco tossico per piante ed animali (Floccia et al., 1985). La sua mancanza può determinare ritardo di crescita nel bambino e, a testimoniare la sua scarsa tossicità, alcuni vegetali ne accumulano senza danno anche quantità pari al 15% del loro peso.

Le principali fonti secondarie sono le fonderie, gli inceneritori, le miniere (dove lo si ritrova come solfuro di zinco), le industrie della gomma, la combustione del carbone, il traffico veicolare e l'uso di fertilizzanti e pesticidi.

Esistono pochi dati sui valori di background in ecosistemi naturali, e soprattutto sul tasso di dispersione nell'ambiente: sembra che lo zinco abbia un tasso di dispersione piuttosto elevato, arrivando fino a 35 Km dalla fonte.

Le concentrazioni rilevate nei vegetali superiori in ecosistemi naturali vanno da 29 a 169 ppm; valori fino a 334 ppm sono stati rilevati in aree contaminate. Il background naturale nei talli lichenici riportato da Bargagli (in litt.) è di circa 50 ppm, quello segnalato da Nimis et al. (1990) è di 18.4 ppm.

Lo zinco, assieme al rame, è l'elemento che ha presentato il minor coefficiente di variazione (28.5) fra le 19 stazioni considerate. A fronte di una media di 30.7 ppm, abbiamo 3 stazioni che si elevano in misura consistente al di sopra di questi valori (Fig. 37): la stazione 32 (52.6 ppm), la 15 (46.7) e la 10 (46.4). Questi valori sono abbastanza elevati se si considera che le stazioni 7 e 8, poste lungo un viale ad alta densità di traffico, hanno valori notevolmente più

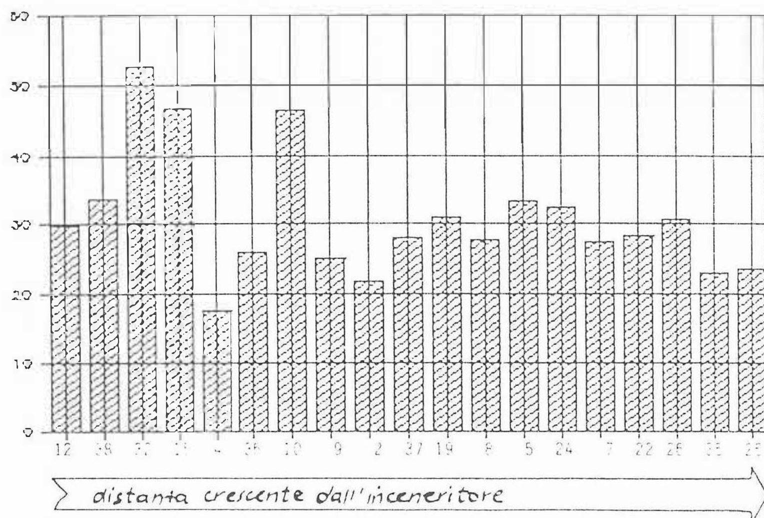


Fig. 37 - Zinco: in ascissa sono riportate le stazioni ordinate secondo distanza crescente dall'inceneritore; in ordinata le concentrazioni di zinco espresse in ppm.

bassi (rispettivamente 27.5 e 27.6 ppm) pur trovandosi nel mezzo di un'accertata fonte di emissione quale è il traffico veicolare.

La Fig. 38 ripropone in una carta bidimensionale quanto già indicato dalla Fig. 37: lo zinco presenta 3 massimi, che non sono assolutamente da mettere in relazione alla presenza dell'inceneritore; le stazioni a questo più vicine, la 38 e la 12, sono infatti in media con i valori delle altre stazioni, tanto che la zona dell'inceneritore rientra nella fascia intermedia di contaminazione da zinco.

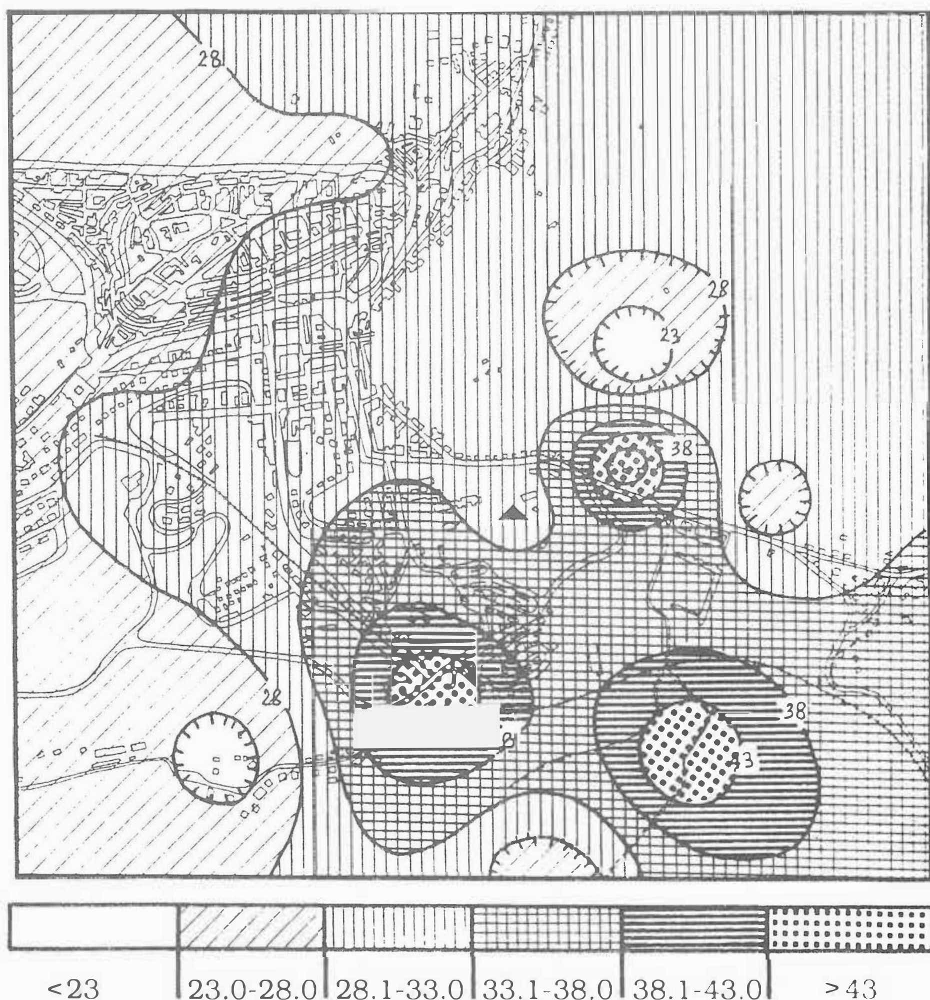


Fig. 38 - Carta bidimensionale della contaminazione da zinco in cui sono evidenziate 6 fasce di inquinamento. Il triangolino nero individua la localizzazione dell'inceneritore.

Contaminazione totale da metalli

In Tab. 3 vengono riportati i dati della tabella 2 normalizzati secondo la formula:

$$CS_i = C_i / C_{max}$$

dove CS_i è la nuova concentrazione standardizzata del metallo per la stazione i-esima, C_i la concentrazione reale del metallo registrata nella medesima stazione e C_{max} è la massima tra le concentrazioni del metallo riscontrate nelle 19 stazioni. E' chiaro che il massimo valore possibile è 1. Con questa standardizzazione tutti i metalli hanno lo stesso peso nell'elaborazione della carta di Fig. 39, indipendentemente dal loro ordine di grandezza.

Nella carta di sintesi della contaminazione dai metalli considerati sono stati omessi i dati relativi all'alluminio, poichè in questo caso, come si è già sottolineato, questo elemento non è da porre in relazione con situazioni di inquinamento atmosferico, ma piuttosto con la presenza di terra nel campione.

Spicca la contaminazione della zona subito a Sud-Est dell'inceneritore (sottovento), che raggiunge l'83% della contaminazione massima possibile.

	Hg	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Al	Ni	Cr	somme
2	0.613	0.282	0.274	0.385	0.410	0.567	0.017	0.131	0.291	0.422	3.395
4	0.371	0.310	0.356	0.491	0.334	0.400	0.113	0.131	0.310	0.476	3.297
5	0.467	0.480	0.597	0.550	0.633	0.800	0.335	0.172	0.931	0.646	5.615
7	0.427	0.466	0.480	0.550	0.522	0.567	1	0.145	0.310	0.674	5.145
8	0.557	0.625	0.690	0.636	0.524	0.705	0.562	1	0.440	0.679	6.422
9	0.448	0.537	0.333	0.406	0.473	0.492	0.090	0.175	0.484	0.445	3.888
10	0.408	0.529	0.500	0.812	0.882	0.447	0.028	0.177	0.509	0.693	4.990
12	0.634	0.790	0.455	0.919	0.564	0.837	0.088	0.221	0.968	0.544	6.026
15	0.665	0.605	0.489	0.652	0.887	0.992	0.068	0.139	0.614	0.601	5.718
19	0.349	0.503	0.607	0.925	0.587	1	0.545	0.373	0.583	1	6.476
22	0.346	0.529	0.492	0.807	0.536	0.517	0.090	0.315	0.422	0.778	4.836
24	0.396	0.280	0.226	0.454	0.615	0.330	0.204	0.011	0.285	0.278	3.084
25	0.247	0.565	0.548	0.775	0.446	0.600	0.210	0.241	0.515	0.707	4.859
26	0.417	0.571	0.429	0.465	0.583	0.607	0.255	0.035	0.807	0.622	4.797
32	0.482	0.462	0.463	0.914	1	0.645	0.454	0.210	0.527	0.551	5.713
35	0.325	0.384	0.481	0.561	0.435	0.487	0.017	0.026	0.304	0.566	3.589
36	0.613	0.340	0.426	0.598	0.490	0.802	0.369	0.166	0.453	0.615	4.876
37	0.328	0.274	0.213	0.566	0.530	0.602	0.028	0.125	0.267	0.398	3.335
38	1	1	1	1	0.638	0.857	0.119	0.458	1	0.931	8.006

Tab. 3 - Normalizzazione dei dati di Tab. 2: si ottengono dei valori di concentrazione di ogni metallo variabili da 0 ad 1.

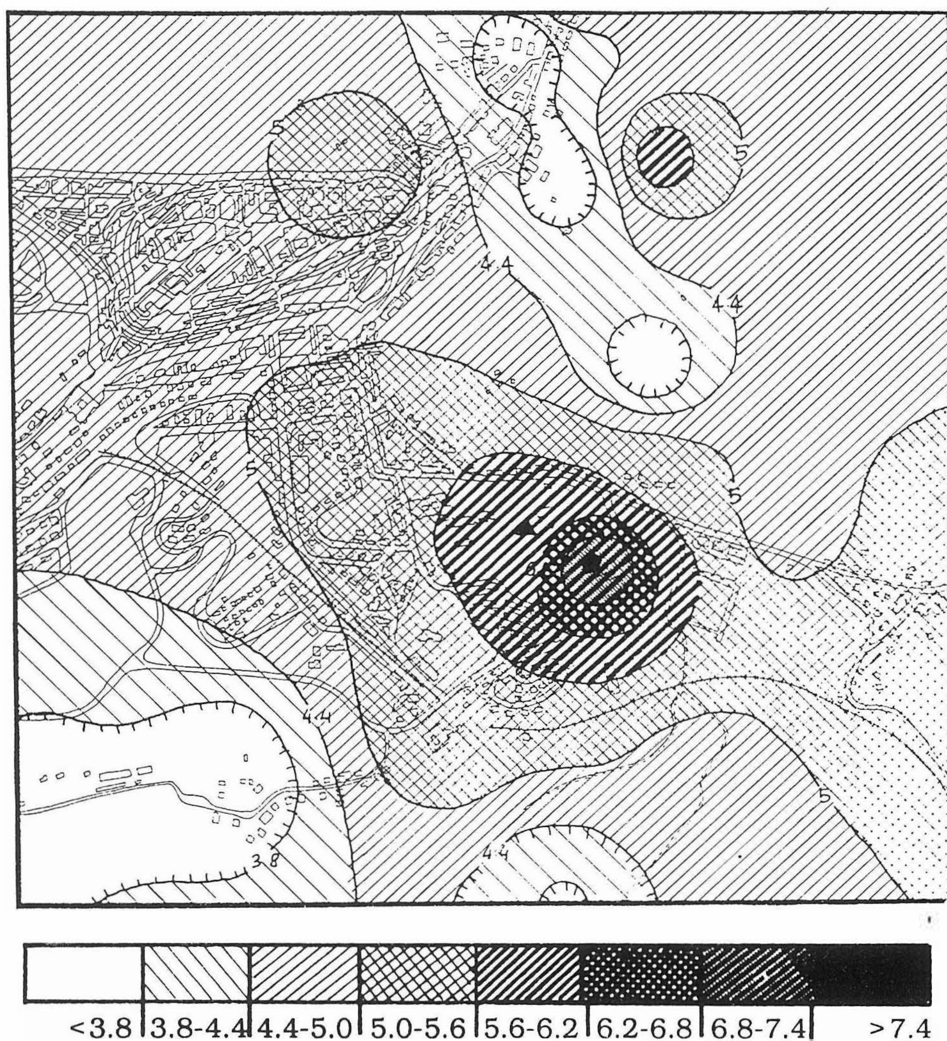


Fig. 39 - Carta bidimensionale della contaminazione totale da metalli; sono evidenziate 8 fasce di contaminazione totale.

Analisi multivariata della matrice metalli-stazioni

I dati di Tab. 2, trasformati in 5 classi di valori, sono stati sottoposti a programmi di classificazione ed ordinamento.

Il dendrogramma dei metalli è mostrato in Fig. 40: si possono evidenziare 4 gruppi principali di metalli:

Gruppo 1: Ni, Mn, Cd, Hg.
Gruppo 2: Zn.
Gruppo 3: Cu, Fe, Al, Cr
Gruppo 4: Pb.

I metalli inclusi nel gruppo 1 presentano un pattern di deposizione in cui la sorgente più probabile è l'inceneritore: le concentrazioni massime sono tutte localizzate nelle stazioni situate in prossimità dell'inceneritore e prevalentemente sottovento rispetto a questo (Figg. 32, 28, 22, 30).

I massimi di contaminazione da zinco sono anch'essi localizzati nella zona sottovento rispetto all'inceneritore; tuttavia in questo caso il pattern di contaminazione non permette di individuare nell'inceneritore la principale fonte (v. Fig. 38), il che giustifica l'inclusione dello Zn in un gruppo a parte.

I metalli inclusi nel gruppo 3 presentano massimi di contaminazione sia nelle stazioni prossime all'inceneritore, sia in stazioni poste in altre zone dell'area considerata: si tratta quindi di metalli per i quali, oltre all'inceneritore, sono ipotizzabili altre fonti inquinanti di rilievo (Figg. 36, 20, 24).

Infine, il piombo viene incluso in un gruppo a sè stante ed appare come il metallo con comportamento più diverso rispetto agli altri, in quanto il suo pattern di distribuzione (Fig. 34) evidenzia una contaminazione massima nelle zone più urbanizzate e lungo le principali vie di scorrimento: la fonte principale è in questo caso costituita dal traffico urbano.

La classificazione delle stazioni viene riportata in Fig. 41: si evidenziano 4 gruppi principali. La loro caratterizzazione è stata effettuata sulla base dei risultati dell'ordinamento reciproco delle stazioni e dei metalli, basato sui dati di Tab. 2, trasformati in valori compresi tra 1 a 5 (Fig. 42 a, b).

Nell'ordinamento dei metalli, i gruppi evidenziati dalla classificazione sono ancora ben distinguibili: lungo la prima Variabile Canonica la sequenza dei gruppi è la seguente: 4, 3, 1 e 2. Tale disposizione corrisponde ad un gradiente di contaminazione attribuibile all'inceneritore, minima nel caso del piombo (prevalentemente emesso dal traffico urbano), massima nel caso dei metalli del gruppo 1.

L'ordinamento delle stazioni evidenzia come le stazioni del gruppo 3 abbiano tutte coordinate positive sulla prima variabile canonica: si tratta in prevalenza di stazioni disposte presso l'inceneritore. Quelle dei gruppi 1 e 2, disposte più lontano e soprattutto sopravento rispetto all'inceneritore, risultano rispettivamente maggiormente contaminate da: Pb (gruppo 1); Cr, Cu, Fe (gruppo 2). La stazione 8 si pone come gruppo a parte, in quanto presenta concentrazioni molto elevate di Al.

In conclusione, i risultati dell'analisi multivariata permettono di raggruppare i metalli a seconda della loro probabile origine, e di raggruppare le stazioni a seconda del diverso tipo di contaminazione da metalli.

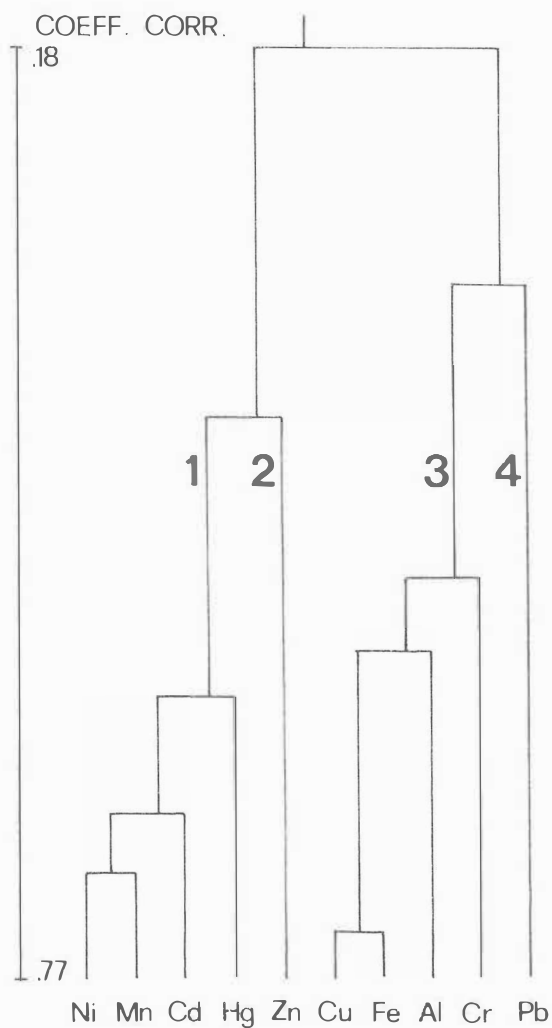


Fig 40 - Dendrogramma ottenuto dalla classificazione dei metalli, in base alla funzione di somiglianza del coefficiente di correlazione e all'algoritmo del legame completo.

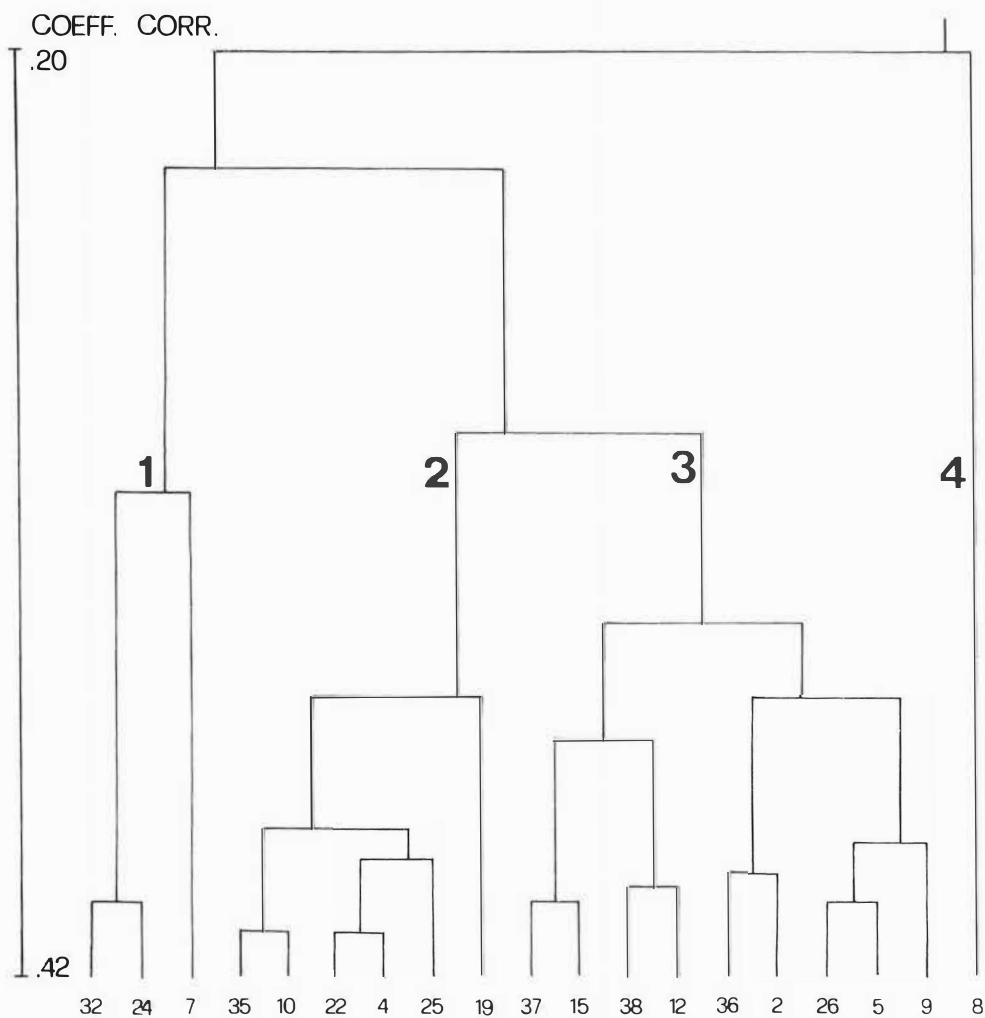


Fig 41 - Dendrogramma ottenuto dalla classificazione delle stazioni, numerate come in Tab. 2, in base alla funzione di somiglianza del coefficiente di correlazione e all'algoritmo del legame completo.

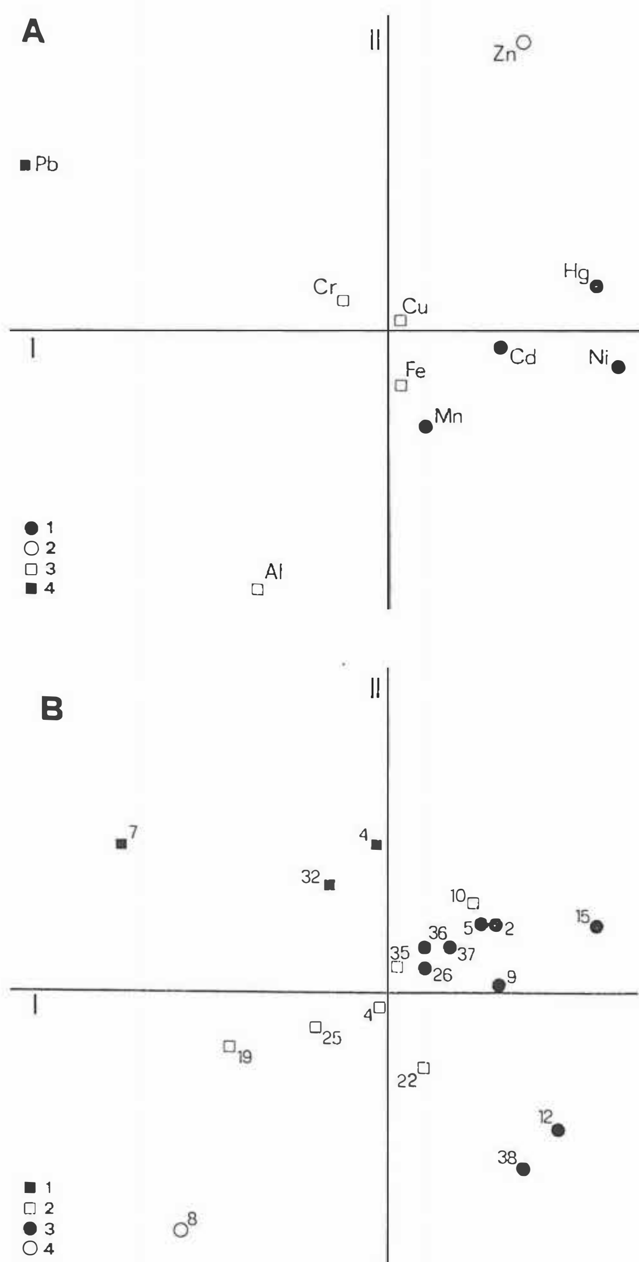


Fig 42 - Ordinamento reciproco dei metalli (a) e delle stazioni (b).

CONCLUSIONI

I risultati esposti nei precedenti capitoli inducono alle seguenti considerazioni:

1) - Le carte della contaminazione elaborate con i due approcci complementari, quello diretto (licheni come bioaccumulatori) e quello indiretto (licheni come bioindicatori), danno risposte qualitativamente differenti. Ciò in quanto i due approcci servono ad individuare sostanze inquinanti diverse, per le quali evidentemente le fonti di emissione sono diverse.

2) - La carta dell'inquinamento dell'atmosfera elaborata in base ai dati ottenuti con il metodo floristico (Fig. 5) non individua l'inceneritore come fonte inquinante principale.

Con questo metodo si valuta principalmente la contaminazione da gas fitotossici ad ampio raggio di deposizione (anidride solforosa, ossidi di azoto, ozono), sostanze che vengono prodotte dalla combustione di idrocarburi (traffico veicolare e riscaldamento domestico); non a caso le zone maggiormente colpite da questa forma di inquinamento si trovano in corrispondenza di un'area ad elevata intensità di traffico, a Sud-Est del centro storico, dove il vento (che spira prevalentemente da Nord-Ovest) porta i fumi prodotti nell'area urbana. La vicinanza dell'inceneritore alla zona del "deserto lichenico" impedisce comunque di escludere categoricamente un concorso dello stesso, assieme alle sorgenti succitate, nel determinare il degrado della qualità dell'aria.

3) - La carta della contaminazione totale da metalli pesanti (Fig. 39) e la Tab. 3 riassumono l'importanza dell'inceneritore come fonte di emissione di questi elementi. In base ai risultati ottenuti dall'analisi multivariata della matrice metalli-stazioni (Tab. 2) e dalla lettura delle carte di contaminazione, si possono distinguere due principali gruppi di metalli:

1 - *Gruppo di metalli non correlabili alla presenza dell'inceneritore.*

Si tratta del piombo e dello zinco. Lo zinco presenta tre massimi di concentrazione di cui due spiegabili con la presenza di traffico veicolare (viene usato per la zincatura di parti meccaniche delle vetture, per evitarne il deterioramento); per la terza stazione (n. 10) non vi sono ipotesi plausibili. Il piombo presenta la massima concentrazione lungo il viale ad alta intensità di traffico posto nella zona più settentrionale dell'area urbana considerata.

2 - *Gruppo di metalli legati alla presenza dell'inceneritore.*

Si tratta del cromo, ferro, manganese, mercurio, nichel, rame e infine alluminio e cadmio. Ferro, manganese e rame sono scarsamente tossici, non pericolosi per la salute umana. L'emissione di questi elementi da parte dell'inceneritore è meno preoccupante rispetto all'emissione di metalli quali mercurio, nichel e cromo, fortemente tossici in alcune loro forme; la presenza di questi è da porre sicuramente in relazione con l'inceneritore. Per cadmio ed alluminio vale un discorso a parte: infatti questi due elementi presentano massimi di contaminazione anche in stazioni distanti dall'inceneritore. Il cadmio, elemento cancerogeno, è presente in modo uniforme sul territorio in basse concentrazioni. L'alluminio, pur presente in corrispondenza

dell'inceneritore, ha la massima concentrazione presso il viale ad alta intensità di traffico posto nel quadrante Nord-occidentale dell'area di studio; ciò è interpretabile con il continuo sollevamento di polveri.

4) - Il raggio di influenza dell'inceneritore risulta piuttosto limitato: la ricaduta dei metalli considerati (eccetto il mercurio) è infatti abbastanza rapida: a circa 500 metri dall'inceneritore si ha una diminuzione di concentrazione dei metalli legati alla sua presenza di circa il 50%.

L'utilizzo dei licheni quali indicatori biologici di inquinamento atmosferico presenta dunque notevoli vantaggi: esso si avvale di metodiche la cui efficacia e predittività è comprovata da una ricchissima letteratura a livello internazionale; le indagini richiedono bassi costi e tempi ridotti e possono venir effettuate utilizzando tecniche diverse, in grado di evidenziare tipi di inquinanti diversi.

Il vantaggio principale risiede nel fatto che i licheni, organismi a crescita molto lenta, riflettono con elevato grado di precisione l'inquinamento medio di diversi anni a cui una certa area è sottoposta.

Gli studi effettuati tramite bioindicatori non vanno comunque considerati come un'alternativa nei confronti dell'uso di centraline di rilevamento: il biomonitoraggio può essere infatti utilizzato come integrazione alle metodiche di analisi dirette, poichè, individuando le zone a rischio presenti sul territorio, costituisce lo studio di base per una localizzazione ottimale delle centraline di rilevamento.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Prof. P.L. Nimis per i continui incoraggiamenti e per la lettura critica del testo; un particolare ringraziamento va al Dr. R. Germozzi (U.S.L. 15 di Macerata).

Bibliografia

Abbayes H., 1951. *Traité de Lichénologie.* Lechevalier. Paris. 217 pp.

Addison P.A. & K.J. Puckett, 1980. *Deposition of atmospheric pollutants as measured by lichen element content in the Athabasca oil sands area.* Canad. J. Bot., 22: 2323-2334.

Adriano D.C., 1986. *Trace Elements in the Terrestrial Environment.* Springer. New York, 533 pp.

Almborn O., 1943. *Lavfloran i botaniska tradgarden i Lund.* Bot. Notiser, 96: 167-177.

Almborn O., 1952. *A key to the sterile corticolous crustaceous lichens occurring in South Sweden.* Bot. Not., 3: 239-263.

Ammann K., Herzig R., Liebendoerfer L. & M. Urech, 1989. *Statistical correlation of deposition data on 8 different air pollutants to Swiss lichen IAP method in Biel and the Swiss plain.* (Manoscr. provv. in stampa).

Andersen A., Hovmand M.F. & I. Johnsen, 1978. *Atmospheric heavy metal deposition in the Copenhagen area.* Environ. Pollut., 17: 133-151.

Arnold F., 1891-1901. *Zur Lichenenflora von München.* Ber Bayer. bot. Ges. 1, 2, 5, 8.

Bacci E., Calamari D., Gaggi C., Fanelli R., Focardi S. & M. Morosini, 1986. *Chlorinated hydrocarbons in lichen and moss samples from the Antarctic peninsula.* Chemosphere, 15: 747-754.

Baddeley M.S., Ferry B.W. & E.J. Finegan, 1973. *Sulphur dioxide and respiration in lichens.* In Ferry B.W., Baddeley M.S. & D.L. Hawksworth (eds.) op. cit.: 299-313.

Barbalic L., 1979. *Epifitski, lisaji u centru grada Zagreba.* Agr. Consp. Sc., 48, 58: 41-45.

Bargagli R., Barghigiani C., Siegel B.Z. & S.M. Siegel, 1989. *A comparative accumulation of mercury and other metals by lichen Parmelia at a minesite and in a volcanic area.* Water, Air and Soil Pollut., (in stampa).

Bargagli R., Ferrara R. & B.E. Maserti, 1988. *Mercury in the atmosphere and in lichens in a region affected by a geochemical anomaly.* Enviromental Technology Letters, 9: 689-694.

Bargagli R., Iosco F.P. & M. D'Amato, 1987. *Zonation of trace metal accumulation in three species of epiphytic lichens belonging to the genus Parmelia.* Cryptogamie, Bryol. Lichenol., 8: 331-337.

Bargagli R., Iosco F.P. & C. Leonzio, 1985. *Monitoraggio di elementi in tracce mediante licheni epifiti: osservazioni nell'area industriale di Rosignano Solvey.* Inquinamento, 2 : 33-37.

Barghigiani C., Bargagli R. & D. Gioffrè, 1988. *Mercury in the environment of the Mt. Etna vulcanic area.* Environ. Technol. Lett., 9: 239-244.

Barghigiani C., Siegel B.Z., Bargagli R. & S.M. Siegel, 1989. *The contribution of mercury from thermal springs to the environmental contamination of Mt. Amiata.* Water, Air and Soil Pollut., (in stampa).

Barkman J.J., 1958. *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes.* Van Gorcum and Co., Assen. 628 pp.

Barkman J.J., 1963. *De epiphyten-flora en -vegetatie van Midden-Limburg (Belgie).* Ver. K. ned. Akad. Vet., II, 54 (4): 1-46.

Barkman J.J., 1969. *The influence of air pollution on bryophytes and lichens.* In *Air Pollution. Proceedings of the first European congress on the influence of air pollution on plants and animals, Wageningen, 1968.* Wageningen: 197-209.

Batic F., 1984. *Rosnovne snacilnosti lisajev in kljuc za dolocanje nekaterih indikatorkih epifitskih lisajev.* Razisk. Onesn. Zr. v Sloveniji, 2: 1-76.

Beckett P.J., Boileau L.J.R., Padovan D., Richardson D.H.S. & E. Nieboer, 1982. *Lichens and mosses as monitors of industrial activity associated with uranium mining in Northern Ontario. Canada. Part 2: Distance dependent uranium and lead accumulation patterns.* Environ. Pollut. (ser. B), 4: 91-107.

Beschel R., 1952. *Flechten und Moose in St. Peter Friedhof in Salzburg.* Mitt. naturw. Arbeitgem. Haus. Nat. Bot., 2: 44-51.

Bouly de Lesdain M.,1950. *Lichens recueillis dans la ville et dans la citadelle de Lille.* Bull. Soc. Bot. Nord Fr., 3: 91-92.

Bortenschläger S. & H. Schmidt, 1963. *Luftverunreinigung und Flechtenverbreitung in Linz.* Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck, 53: 7-23.

Brodo I., 1961. *A study of lichen ecology in Long Island, New York.* Am. Midl. Nat., 65: 290-310.

Brodo I., 1966. *Lichen growth and cities: a study on Long Island, New York.* Bryologist, 69: 427-449.

Brown D.H. & R.P. Beckett, 1985. *The role of the cell wall in the intracellular uptake of cations by lichens.* In: Brown D.H. (ed.). *Lichen physiology and cell biology.* Plenum Press: 247-258.

Burkitt A., Lester P. & G. Nickless, 1972. *Distribution of heavy metals in the vicinity of an industrial complex.* Nature, 238: 327-328.

Burton M.A.S., Lesueur P. & K.J. Puckett, 1981. *Copper, nickel and thallium uptake by the lichen Cladina rangiferina.* Can. J. Bot., 59: 91-100.

Caglioti L., 1979. *I due volti della chimica. benefici e rischi.* EST Mondadori. Milano.

Caniglia G., Giulini P. & M. Spampani, 1978. *Inquinamento atmosferico e licheni. Saggio di distribuzione nella Valle del Boite e a Cortina d'Ampezzo.* Atti IV Conv. Ecol. Prealpi Or.: 279-293.

Caniglia G. & C. Drudi, 1984. *Considerazioni sulla distribuzione dei licheni in Laguna di Venezia.* Rend. Sem. Fac. Sc. Cagliari, 54: 197-213.

Case J.W., 1984. *Lichen biomonitoring networks in Alberta.* Environ. Monit. Assess., 4: 303-313.

Clauzade G. & C. Roux, 1985. *Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita Determinlibro.* Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, N.S., 7, 893 pp.

Clerc P. & P.D. Roh, 1979. *Effets du fluor sur la végétation lichénique corticole autour de la région de Martigny (VS).* Bull. de la Murithienne, 96: 23-41.

Christ R. & R. Türk, 1981. *Die Indikation von Luftverunreinigungen durch CO_2-gaswechsel Messungen an Flechtentransplantaten.* Mitt. Forst. Bundesversuchsanst. Wien, 137: 145-150.

Christ R. & R. Türk, 1984. *Der epiphytische Flechtenbewuchs als Indikator für die Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Wien.* Forum Städte-Hygiene, 35: 122-131.

Coppins B.J. & P.W. Lambley, 1974. *Changes in the lichen flora of the parish of Mendlesham, Suffolk, during the last fifty years.* Suffolk Nat. Hist., 16: 319-335.

Crespo A., Barreno E., Sancho L.G. & A.G. Bueno, 1981. *Establecimiento de una red de valoracion de pureza atmosferica en la provincia de la Coruña (Espana) mediante bioindicatores liquenicos.* Lazaroa, 3: 289-311.

Crespo A., Manrique E., Barreno E. & E. Serina, 1977. *Valoracion de la contaminacion atmospherica del area urbana de Madrid mediante bioindicadores (Liquenes epifitos).* Anal. Inst. Bot. Cavanilles, 34 (1): 71-94.

Daines R.H., Motto H., Chilko D., Schuck E.A. & J.K. Locke, 1970. *Atmospheric lead: its relationship to traffic volume and proximity to highways.* Environmental Science and Technology, 4 (4).

Dall'Aglio M., 1988. *Mercurio e Piombo: circolazione, destino ed effetti sulla salute.* Le Scienze quaderni, 40: 75-80.

Degelius G., 1961. *The lichen flora of the botanic garden in Gothenburg (Sweden).* Acta Horti Bot. Gothob., 24: 25-60.

Dedolph R., Ter Haar G., Holtzman R. & H. Lucas, 1970. *Sources of lead in perennial ryegrass and radishes.* Environ. Science and Technology, 4 (4): 217-223.

Deruelle S., 1977. *Influence de la pollution atmosphérique sur la végétation lichénique des arbres isolés dans la région de Mantes (Yvelines).* Rev. Bryol. Lichénol., 43 (2): 137-158.

Deruelle S., 1978. *Etude comparée de la sensibilité de trois méthodes d'estimation de la pollution atmosphérique, en utilisant les lichens comme indicateurs biologiques dans la région de Mantes (Yvelines).* Rev. Bryol. Lichénol., 44 (4): 429-441.

Deruelle S., 1983. *Écologie des lichens du bassin Parisien. Impact de la pollution atmosphérique et relations avec les facteurs climatiques.* Univ. P. M. Curie. These de Doct. 2 voll.

Deruelle S. & M. Garcia Schaeffer, 1983. *Les lichens bioindicateurs de la pollution atmosphérique dans la Région Parisienne.* Cryptogam. Bryol. Lichénol., 4: 47-64.

Deruelle S. & R. Lallemant, 1983. *Les lichens témoins de la pollution.* Thèmes Vuibert Université Biologie, Paris. 108 pp.

Deruelle S. & P.J.X. Petit, 1983. *Preliminary studies on the net photosynthesis and respiration responses of some lichens to automobile pollution.* Cryptogamie, Bryol., Lichénol.: 269-277.

De Sloover J., 1964. *Végétaux épiphytes et pollution de l'air.* Rev. Quest. Scientif., 25: 531-561.

De Wit T., 1976. *Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands.* Bibl. Lichenol., Band 5, Cramer, Vaduz. 228 pp.

Dömrös M., 1966. *Luftverunreinigung und Stadtklima im Rheinisch Westfalischen Industriegebiet und ihre Auswirkung auf den Flechtenbewuchs der Bäume.* Arb. rhein. Landesk., 23: 1-132.

Du Rietz G.E., 1924. *Die Soredien und Isidien der Flechten.* Sv. Bot. Tidskr., 18: 371-396.

Erichsen C.F.E., 1906. *Beitraege zur Flechtenflora der Umgegend von Hamburg und Holsteins.* Ver.Naturw. Ver. Hamb. III, 13: 44-104.

Farkas E., Lökös L. & K. Verseghy, 1985. *Lichens as indicators of air pollution in the Budapest agglomeration. 1. Air pollution map based on floristic data and heavy metal concentration measures.* Acta Bot. Hung., 31: 45-68.

Farrar J.F., 1973. *Lichen physiology: progress and pitfalls.* In Ferry B.W., Baddeley M.S. & D.L. Hawksworth (eds.) op. cit.: 238-282.

Favretto L., Pertoldi Marletta G. & L. Favretto Gabrielli, 1971. *Problemi di inquinamento dei prodotti agricoli da piombo da antidetonanti.* Atti VII Conv. Int. Qualità, Cagliari-Sassari, 17-22 maggio: 221-231.

Favretto L., Pertoldi Marletta G. & L. Favretto Gabrielli, 1973. *Determination of lead in grapes exposed to automobile exhaust gases.* At. Abs. Newsletter, 12 (4): 101-103.

Favretto L., Pertoldi Marletta G. & L. Favretto Gabrielli, 1986. *Surface lead pollution of roadside crops in relation to the distance from an emitting line source.* J. Sci. Food Agric. 37: 481-486.

Fenton A.F., 1960. *Lichens as indicators of atmospheric pollution.* Ir. Nat. J., 13: 153-159.

Fenton A.F., 1964. *Atmospheric pollution of Belfast and its relationship with the lichen flora.* Ir. Nat. J., 14: 237-245.

Ferry B.W., Baddeley M.S. & D.L. Hawksworth (eds.), 1973. *Lichens and air pollution.* Univ. Toronto Press. Toronto, 390 pp.

Floccia M., Gisotti G. & M. Sanna, 1985. *Dizionario dell'inquinamento: cause, effetti, rimedi, normativa.* Ediz. NIS: 206-210.

Fockeu, 1901. *Flore lilloise limitée au périmetrè extérieur des glacis.* Lille.

Folkeson L., 1981. *Heavy metal accumulation in the moss Pleurozium schreberi in the surroundings of two peat-fired plants in Finland.* Ann. Bot. Fennici, 18: 245-253.

Follmann G., 1973. *Über den Rückgang der Flechtenflora in Stadtgebiet von Kassel (Nordhessen, Bundesrepublik Deutschland).* Philippia, 1: 241-257.

Frileux P.N. & M. Lerond, 1978. *Estimation de la pollution atmosphérique par une méthode biologique dans l'agglomération rouennaise.* Actes Mus. Rouen, 4: 27-37.

Gailey F.A.Y., Smith G.H., Rintoul L.J. & O.L. Lloyd, 1985. *Metal deposition patterns in Central Scotland, as determined by lichen transplants.* Environ. Monit. Assess., 5: 291-301.

Garty J. & C. Fuchs, 1982. *Heavy metals in the lichen Ramalina duriaei transplanted in biomonitoring stations.* Water, Air and Soil Pollut., 17: 175-183.

Garty J., Fuchs C., Zisapel N. & M. Galun, 1977. *Heavy metals in the lichen Caloplaca aurantia from urban, suburban and rural regions in Israel (a comparative study).* Water, Air , Soil Pollut., 8: 171-184.

Garty J., Galun M. & M. Kessel, 1979. *Localization of heavy metals and other elements accumulated in the lichen thallus.* New Phytol., 82: 159-168.

Garty J., M. Galun & N. Zisapel, 1985. *Heavy metals in the lichen Caloplaca aurantia from urban, suburban and rural regions in Israel (A comparative study).* Symbiosis, 5, vol.1.

Garty J. & J. Hagemeyer, 1988. *Heavy metals in the lichen Ramalina duriaei transplanted at biomonitoring stations in the region of a coal-fired power plant in Israel after 3 years of operation.* Water, Air and Soil Pollut., 38: 311-323.

Gasparo D., 1989. *I licheni come bioaccumulatori di metalli pesanti nei dintorni di Trieste e nell'Alto Vicentino.* Tesi di laurea, Università di Trieste, 131 pp.

Gehu J.M., Bon M., Delzenne C. & M.F. Rose, 1973. *Essai de cartographie de la pollution atmosphérique acide dans le Nord de la France en relation avec la toxisensibilité des lichens épiphytes.* C.R. Acad. Sc. Paris, 276: 729-732.

Gilbert O.L., 1969. *The effect of SO_2 on lichens and bryophytes around Newcastle upon Tyne.* In: *Air pollution, Proceedings of the first European congress on the influence of air pollution on plants and animals, Wageningen, 1968.* Wageningen: 223-235.

Gilbert O.L., 1971. *The effect of airborne fluorides on lichens.* Lichenologist, 5: 26-32.

Gilbert O.L., 1986. *Field evidence for an acid rain effect on lichens.* Environ. Pollut., 40: 227-231.

Giralt i Esteve M., 1986. *Flora i Vegetatiò dels Liquens Epifits del Tarragones. Aplicaciò al problema de la contaminaciò atmosferica.* Vilafranca del Penedes. 170 pp.

Goodman G.T. & T.M. Roberts, 1971. *Plants and soils as indicators of metals in the air.* Nature, 231: 287-292.

Goyal R. & M.R.D. Seaward, 1981. *Lichen ecology of the Scunthorpe heathlands. II. Industrial metal fallout pattern from lichen and soil assays.* Lichenologist, 13 (3): 289-300.

Goyal R. & M.R.D. Seaward, 1982. *Metal uptake in terricolous lichens. III. Traslocation in the thallus of Peltigera canina.* New Phytol, 90: 85-98.

Gough L.P. et al., 1985. *Baseline elemental composition of selected plants and soils, and assessment of airborne element contamination.* Theodore Roosvelt National Park, North Dakota. USD Open file Report 85-251. Denver, Co. U.S. Geol. Surv.

Granger J.M., 1970. *Computer mapping as an aid in air pollution studies: Montreal region study.* In: Goodrich J.C. (ed.) *Laboratory for computer graphics and spatial analysis.* Cambridge, Mass. Harvard University.

Gutte P., Hallebach M. & H. Kohler, 1976. *Untersuchungen ueber die Verbreitung epixyler Flechten zur Feststellung des Umfanges der Luftverunreinigung im Leipziger Raum.* Hercynia, 13: 446-458.

Hallingbach T., 1986. *The decline of three species of Lobaria in Sweden.* Svensk Bot. Tidskriff, 80: 373-381.

Hawksworth D.L. & D.S. Chapman, 1971. *Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf. and its chemical races in the British Isles.* Lichenologist, 5: 51-58.

Hawksworth D.L. & L. Rose, 1970. *Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens.* Nature, 227: 145-148.

Herzig R., Liebendoerfer L. & M. Urech, 1985. *Flechten als biologische Indikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz. Methodenentwickung in der Region Biel-Seeland.* Lizentiatsarbeit Univ. Bern, 241 pp.

Herzig R., Liebendoerfer L., M. Urech & K. Ammann, 1987. *Evaluation und Kalibrierung einer Flechtenindikationsmethode mit wichtigen Luftschaden.* In: *Bioindikation - Wirkungsbezogene Erhebungsverfahren für den Immissionschutz.* Freising VDI-Koll, 609: 619-639.

Höcking D. & R.A. Blauer, 1977. *Progressive heavy metal accumulation associated with forest decline near the nickel smelter at Thompson. Manitoba.* Information report NOR-X-169. Northern Forest Research Centre. Canadian Forestry Service. Edmonton. Alberta.

Hopp U. & L. Kappen, 1981. *Einige Aspekte zur immissionsbedingte Verbreitung von Flechten im Stadtgebiet von Würzburg.* Ber. Bayer. Bot. Ges., 52: 15-24.

Huckabee J.W. & S.A. Janze, 1975. *Mercury in Moss: derived from the atmosphere or from the substrate.* Chemosphere, 1: 55-60.

Hutton M. & C. Symon, 1986. *The quantities of Cadmium, Lead, Mercury and Arsenic entering the U.K. environment from human activities.* Sci. Tot. Envir., 57: 129-150.

Johnsen I., 1975. *I. The uptake of lead, cadmium and vanadium by lichens and bryophytes. II. The effects of* SO_2 *fumigation on lichens and bryophytes and its interaction with lead uptake from water solutions.* Research report, JRC-EURATOM, Ispra, Italy.

Johnsen I. & U. Söchting, 1973. *Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area.* Oikos, 24: 344-351.

Johnson D.W., 1979. *Air pollution and the distribution of corticolous lichens in Seattle, Washington.* Northwest Sc., 53 (4): 257-263.

Jones E.W., 1952. *Some observations on the lichen flora of tree boles, with special reference to the effect of smoke.* Rev. Bryol. Lichenol., 21: 96-115.

Jürging P., 1975. *Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung dargestellt an Untersuchungen und Beobachtung in Bayern.* Bibl. Lichenol., 4, 164 pp.

Kandler O. & J. Poelt, 1984. *Wiederbesiedlung der Innenstadt von Munchen durch Flechten.* Naturw. Rundsch., 37 (3): 90-95.

Kauppi M. & A. Mikkonen, 1980. *Floristic versus single species analysis in the use of epiphytic lichens as indicators of air pollution in a boreal forest region, Northern Finland.* Flora, 169: 255-281.

Kiselev V. N. et al., 1986. *Lichen indicators of air pollution in green zones of industrial centers in Belorussia.* Soviet J. Ecol., 17: 85-89.

Klement O., 1958. *Die Flechtenvegetation der Stadt Hannover.* Beitr. Naturk. Niedersachs. 11: 56-60.

Kneiper E.J. & M.A. Sherwood-Pike, 1985. *The former and present lichen flora of the Boston metropolitan area.* Am. J. Bot., 72: 794 pp.

Krog H., 1970. *Lav og luftforunrensninger.* Oslo, Norsk Inst. f. Luftforskning.

Krouse H.R., 1977. *Sulphur isotope abundance elucidate uptake of atmospheric sulphur emissions by vegetation.* Nature, 265: 45-46.

Kunze M., 1974. *Die Beeinflussung epiphytischer Flechten durch Luftverunreinigungen im Stadtgebiet Freiburg.* Beih. Ladesst. Natursch. Baden-Württemberg, 5: 14-27.

Laaksovirta G.K.G. & P. Alakuijala, 1978. *Lead, cadmium and zinc contents of fungi in the parks of Helsinki.* Ann. Bot. Fennici, 15: 253-257.

Laaksovirta G.K.G. & H. Olkkonen, 1979. *Effect of air pollution on epiphytic lichen vegetation and element contents of a lichen and pine needles at Valkeakoski, S. Finland.* Ann. Bot. Fenn., 16: 285-296.

Laaksovirta K., Olkkonen H. & P. Alakuijala, 1976. *Observations on the lead content of lichen and bark adjacent to a highway in Southern Finland.* Environ. Pollut., 11: 247-255.

Lallemant R. & C. van Haluwyn, 1981. *Effets des hydrocarbures sur les peuplements licheniques marins et phénomènes de recolonization.* In: *Amoco Cadiz, Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures.* C.N.E.X.O., Paris: 405-413.

Lambinon J., Maquinay A. & J.L. Ramaut, 1964. *Le teneur en zinc de quelques lichens des terrains calaminaires belges.* Bull. Jard. Bot. Etat Brux., 34: 273-282.

Latimer W.M., 1952. *Oxidation potentials.* Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.

Laundon J.R., 1967. *A study of the lichen flora of London.* Lichenologist, 3: 277-327.

Laundon J.R., 1973. *Urban Lichen Studies.* In: Ferry B.W., Baddeley M.S. & D.L. Hawksworth (eds.), op. cit.: 109-123.

Lawrey J.D. & M.E. Hale, 1979. *Lichen growth responses to stress induced by automobile exhaust pollution.* Science, 204: 423-424.

Lawrey J.D. & E.D. Rudolph, 1975. *Lichen accumulation of some heavy metals from acidic surface substrates of coal mine ecosystems in Southeastern Ohio.* Ohio J. Sc., 75 (3): 113-117.

Le Blanc F. & J. De Sloover, 1970. *Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal.* Can. J. Bot., 48: 1485- 1496.

Le Blanc F. & J. De Sloover, 1972. *Effets de l'industrialisation et de l'urbanisation sur la végétation épiphite de Montréal.* Sarracenia, 15: 1-42.

Le Blanc F. & D.N. Rao, 1973. *Effects of sulphur dioxide on lichen and moss transplants.* Ecology, 54: 612-617.

Le Blanc F. & D.N. Rao, 1975. *Effects of air pollutants on lichens and bryophytes.* In Mudd J.B. & T.T. Kozlowski (eds). *Responses of plants to air pollutants.* Academic Press. New York: 231-272.

Le Blanc F., Rao D.N. & G. Comeau, 1972. *Indices of atmospheric purity and fluoride pollution pattern in Arvida, Québec.* Can. J. Bot., 50: 991-998.

Le Blanc F., Robitaille G. & D.N. Rao, 1974. *Biological response of lichens and bryophytes to environmental pollution in the Murchodville copper mine area, Québec.* J. Hattori Bot. Lab., 38: 405-433.

Lee D.H.K., 1972. *Metallic contaminants and human health.* Academic Press. New York.

Leonzio C. & A. Pisani, 1987. *An evaluative model for lead distribution in roadside ecosystems.* Chemosphere, 16 (7): 1387-1394.

Liska J., 1985. *On the occurrence and ecology of lichens in Prague.* Prirod. Vyznam Prahy. Praha: 93-102.

Liska J. & I. Pisut, 1987. *Liseiniki: Na obsoru invaze?*. Vesmir, 66: 216-218.

Lodenius M., 1981. *Regional distribution of mercury in Hypogymnia physodes in Finland.* Ambio, 10 (4): 44-45.

Lofgren O. & R. Moberg, 1984. *Oceaniska lavar i Sverige och deras tillbakagang.* Statens naturvardsverk PM1819.

Lundstroem H., 1968. *Luftfororeningans inverkan pa epiphytfloran hos barrtraed i Stockholmsomradet.* Stud. Forest. Suec., 56: 1-55.

Lounamaa K.J., 1956. *Trace elements in plants growing wild on different rocks in Finland: A semi-quantitative spectrographic survey.* Ann. Bot. Soc. "Vanamo", 29: 1-196.

Mackenzie D., 1986. *The rad-dosed reindeer.* New Scientist, 1539: 37-40.

Manning W.J. & W.A. Feder, 1980. *Biomonitoring air pollutants with plants.* Applied Science Pubblishers LTD, London.

Margot J., 1973. *Experimental study of the effects of sulphur dioxide on the soredia of Hypogymnia physodes.* In: Ferry B.W., Baddely M.S. & D.L. Hawksworth (eds.) op.cit.: 314-329.

Martin L. & A. Ensaar, 1983. *Lichenoindikatsyiya i matematicheskoe modelirovanie rasprostraneniya dviokisi sery na territorii Tallina.* Eesti NSV Tead. Akad. Toimet. Biol., 32.

Moberg R., 1977. *The lichen genus Physcia and allied genera in Fennoscandia.* Symb. Bot. Upsal., 22 (1): 1-108.

Muruzumi M., Chow T. J. & C. Patterson, 1969. *Geochim. Cosmochim. Acta, October issue.*

Nash T.H., 1971. *Lichen sensitivity to hydrogen fluoride.* Bull. Torrey Bot. Club, 99: 103-106.

Nash T.H., 1972. *Simplification of the Blue Mountain lichen communities near a zinc factory.* Bryologist, 75: 315-324.

Nash T.H., 1975. *Influence of effluents from a zinc factory on lichens.* Ecol. Monogr., 45: 183-198.

Nash T.H. & L. Sigal, 1979. *Gross photosynthetic response of lichens to short term ozone fumigations.* Bryologist, 82: 280-285.

Nash T.H. & L. Sigal, 1980. *Sensitivity of lichens to air pollution with an emphasis on oxidant air pollutants.* In: Miller P.R. (tech. coord.) *Proceedings of the symposium on effects of air pollutants on mediterranean and temperate forest ecosystems. June 22-27, 1980.* Riverside. California: 117-124.

Natho G., 1964. *Die Verbreitung der epixylen Flechten und Algen im Demokratischen Berlin.* Wiss. Z. Humb. Univ. Berlin, math.-nat. R., 13: 53-75.

Nieboer E., Ahmed H.M., Puckett K.J. & D.H.S. Richardson, 1972. *Heavy metal content of lichens in relation to distance from a nickel smelter in Sudbury. Ontario.* Lichenologist, 5: 292-304.

Nieboer E., Puckett K.J., Richardson D.H.S., Tomassini F.D. & B. Grace, 1977. *Ecological and physiochemical aspects of the accumulation of heavy metals and sulphur in lichens.* In *International Conference of Heavy Metals in the Environment.* Toronto. 1975. Symp. Proc., 1 (2): 331-352.

Nieboer E. & D.H.S. Richardson, 1981. *Lichens as monitors of atmospheric deposition.* In: Eisenreich S.J. (ed.) *Atmospheric pollutants in natural waters.* Michigan Ann Arbor: 339-388.

Nieboer E., Richardson D.H.S., Lavoie P. & D. Padovan, 1979. *The role of metal-ion binding in modifying the tossic effects of sulphur dioxide on the lichen Umbilicaria muhlenbergii. I. Potassium efflux studies.* New Phytol., 82: 621-632.

Nieboer E., Richardson D.H.S. & F.D. Tomassini, 1978. *Mineral uptake and release by lichens: an overview.* Bryologist, 81: 226-246.

Nimis P.L., 1982. *The epiphytic lichen vegetation of the Trieste Province (North eastern Italy).* Studia Geobot., 2: 169-191.

Nimis P.L., 1984. *Phytosociology, Ecology and Phytogeography of epiphytic Lichen Vegetation in the Calamone Lake Area (N - Apennines, Italy).* Studia Geobot.,4: 109-127.

Nimis P.L., 1985. *Urban Lichen Studies in Italy. I: the town of Trieste.* Studia Geobot., 5: 49-74.

Nimis P.L., 1986. *Urban Lichen Studies in Italy. II: the town of Udine.* Gortania, 7 : 147-172.

Nimis P.L., 1987. *I Macrolicheni d' Italia. chiavi analitiche per la determinazione.* Gortania, 8: 101-220.

Nimis P.L., 1988. *Contributi alle conoscenze floristiche sui licheni d' Italia. II. Florula lichenica della Tenuta di Castelporziano (Roma).* Braun-Blanquetia, 2: 223-238.

Nimis P.L., 1989. *I licheni dei boschi di conifere delle Alpi.* In: *Valmalenco - Natura 2.* Atti ufficiali del convegno, 2-3-4 ottobre 1987: 43-51.

Nimis P.L., 1990. *Urban Lichen Studies in Italy. III: the city of Rome.* Ann. Bot. (in stampa).

Nimis P.L., Bargagli R., Benedet A., Castello M., Gasparo D., Lazzarin G. & A., Olivieri S. & M. Tretiach, 1990. *Licheni come biondicatori di inquinamento atmosferico nell'Alto Vicentino.* Atti Mus. St. Nat. Verona (in stampa).

Nimis P.L., Castello M. & M. Perotti, 1990. *Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (Northern Italy).* Lichenologist, 22 (3): 333-344.

Nimis P.L. & D. Dallai, 1985. *Lichens of hypogaeic cavities in the Apennines of Reggio Emilia (N-Italy).* Grotte d'Italia, 4 (12): 373-382.

Nimis P.L. & R. De Faveri, 1981. *A numerical classification of Xanthorion communities in NE Italy.* Gortania, 2: 91-110.

Nimis P.L., Monte M. & M. Tretiach, 1987. *Flora e vegetazione lichenica di aree archeologiche del Lazio.* Studia Geobotanica, 7, 161 pp.

Nimis P.L. & J. Poelt, 1987. *The lichens and lichenicolous fungi of Sardinia. An annotated list.* Studia Geobot., 7, suppl. 1, 269 pp.

Nimis P.L. & L. Schiavon. 1986. *The epiphytic lichen vegetation of the Tyrrhenian coasts in central Italy.* Ann. Bot., 14: 39-67.

Nimis P.L. & M. Tretiach, 1987. *I licheni dell'area urbana di Roma.* In: Bonnes M. (ed.) *Urban ecology applied to the city of Rome.* UNESCO MaB, project 11, Progress Report 3, 1987: 161-167.

Nylander W., 1886. *Les lichens du Jardin de Luxembourg.* Bull. Soc. Bot. Fr., 13: 364-372.

Olmez I., Cetin Gulovali M. & G.E. Gordon, 1985. *Trace element concentrations in lichens near a coal-fired power plant.* Atm. Envir., 19: 1663-1669.

Orloci L., 1978. *Multivariate analysis in Vegetation Science.* 2nd ed. Junk. The Hague, 451 pp.

Osorio H. & M. Fleig, 1985. *Contribution to the lichen flora of Brazil. 16. Lichens from the vicinity of the Rio Grande City.* Com. Bot. Mus. Hist. Nat. Montevideo, 4: 1-7.

Page A.L., Ganje T.J. & M.S. Joshi, 1971. *Lead quantities in plants, soil and air near some major highways in Southern California.* Hilgardia, 41: 1-31.

Pakarinen P., 1981. *Nutrient and trace content and retention in reindeer lichen carpets of Finnish ombrophitic bogs.* Ann. Bot. Fenn., 18: 265-274.

Pakarinen P., Makinen A. & R.J.K. Rinne, 1978. *Heavy metals in Cladonia arbuscula and Cladonia mitis in eastern Fennoscandia.* Ann. Bot. Fennici, 15: 281-286.

Pearson L.C. & E. Skye, 1965. *Air pollution effects pattern of photosynthesis in Parmelia sulcata, a corticolous lichen.* Science, N.Y., 148: 1600-1602.

Perkins D.F., Millar R.O. & P.E. Neep, 1980. *Accumulation of airborne fluoride by lichens in the vicinity of an aluminium reduction plant.* Environ. Pollut., 21: 155-168.

Perkins D.F. & R.O. Millar, 1987. *Effects of airbone fluoride emissions near an aluminium work in Wales. Part I- Corticolous lichens growing on broadleaved trees.* Environ. Pollut., 47: 63-78.

Perez de La Torre O.H., 1985. *La flora liquenica epifita y su relacion con la contaminacion atmosferica en La Plata y alrededores (Provincia de Buenos Aires). 1.* CNICT contr. Nr.106.

Piervittori R. & F. Montacchini, 1980. *Regressione della presenza lichenica in zone montane per effetto della progressiva urbanizzazione: Bardonecchia.* Allionia, 24: 139-141.

Pilegaard K., 1978. *Airbone metals and SO_2 monitored by epiphytic lichens in an industrial area.* Environ. Pollut., 17: 81-92.

Pilegaard K., 1979. *Heavy metals in bulk precipitation and transplanted Hypogymnia physodes and Dicranoweisia cirrata in the vicinity of a Danish steelwork.* Water, Air and Soil Pollution, 11: 77-91.

Pisut I. & E. Lisicka, 1985. *A study of the cryptogamic epiphytes on an oak trunk in the vicinity of Bratislava in the years 1973-1983.* Ekologia, 4: 225-234.

Poelt J., 1974. *Die Gattungen Physcia, Physciopsis und Physconia.* Khumbu Himal, 6: 57-100.

Puckett K.J., 1976. *The effect of heavy metals on some aspects of lichen physiology.* Can. J. Bot., 54: 2695-2703.

Puckett K.J., 1988. *Bryophytes and lichens as monitors of metal deposition.* Bibl. Lichenol., 30: 231-267.

Puckett K.J., Nieboer E., Flora W. & D.H.S. Richardson , 1973. *Sulphur dioxide: Its effect on photosynthetic $_{14}C$ fixation in lichens and suggested mechanisms of phytoxicity.* New Phytol., 72: 141-154.

Puckett K.J., Nieboer E., Gorzynski M.J. & D.H.S. Richardson, 1973. *The uptake of metal ions by lichens: a modified ion-exchange process.* New Phytol., 72: 329-342.

Punz W., 1977. *Combination effects of lead, sodium chlorid and sulphur dioxide on lichen metabolism.* Sympozjum Bioindykacji, Katowice, Zabrze: 27-31.

Punz W., 1979. *The effect of single and combined pollutants on lichen water content.* Biol. Plantarum, 21: 472-474.

Pyatt F.B., 1970. *Lichens as indicators of air pollution in a steel producing town in South Wales.* Environ.Pollut., 1: 45-56.

Pyatt F.B., 1976. *Lichen ecology of metal spoil tips: effects of metal ions on ascospore viability.* Bryologist, 79: 172-179.

Rabe R. & H. Wiegel, 1985. *Wiederbesiedlung des Ruhrgebiets durch Flechten zeigt Verbesserung der Luftqualitat an.* Staub-Reinh. Luft, 45: 124-126.

Raitviir A. & H. Trass, 1975. *Mycological and lichenological researches in 1969-1974.* In: *Some aspects of botanical research in the Estonian S.S.R., Tartu*: 39-45.

Ramazaev P.V., Troitskaya M.N., Ibatullin M.S., Moisseev A.A., Nizhnikov A.I. & I.M. Dimitriev, 1970. *Radioecological parameters of the lichen-reindeer-man chain.* Hygiene and Sanitation (Jerusalem and Washington) 35: 360-365.

Rao D.N. & F. Le Blanc, 1966. *Effects of sulphur dioxide on the lichen algae with special reference to chlorophyll.* Bryologist, 69: 69-75.

Rao D.N. & F. Le Blanc,1967. *Influence of an iron-sintering plant on corticolous epiphytes in Wawa, Ontario.* Bryologist, 69: 69-75.

Rao D.N., Robitaille G. & F. Le Blanc, 1977. *Influence of heavy metal pollution on lichens and bryophytes.* Journ. Hattori Bot. Lab., 42: 213-239.

Rasmussen L., Pilegaard K. & H. Gydesen, 1980. *The application of cryptogams as monitoring organisms of metal air pollution in Denmark.* Bot. Tidsskr., 75: 93-99.

Recchia F. & F. Polidoro, 1988. *Osservazioni sui licheni nelle vicinanze di un cementificio.* Arch. Bot. Biogeogr. Ital., 64 (1-2): 8-18.

Richardson D.H.S., Nieboer E., Lavoie P. & D. Padovan, 1979. *The role of metal-ion binding in modifying the tossic effects of sulphur dioxide on the lichen Umbilicaria muhlenbergi. II. $_{14}C$ fixation studies.* New Phytol., 82: 633-643.

Richardson D.H.S. & K.J. Puckett, 1973. *Sulphur dioxide and photosynthesis in lichens.* In: Ferry B.W., Baddeley M.S. & D.L. Hawksworth (eds.) op. cit.: 283-313.

Rogers R.W., 1977. *The "city effect" on lichens in the Brisbane area.* Search, 8 (3): 75-77.

Rose C.I. & D.L. Hawksworth, 1981. *Lichen recolonization in London's cleaner air.* Nature, 289: 289-292.

Schuck E.A. & J.K. Locke, 1970. *Relationship of automobile lead particulates to certain consumer crops.* Environ. Science and Technology, 4: 324-330.

Seaki M., Kunii K., Seki T. & T. Suzuki, 1975. *A lichen (Parmelia conspersa) surviving with elevated concentrations of lead and copper in the center of Sendai City.* Bull. Environ. Contam. Toxicol., 14: 726-730.

Seaward M.R.D., 1974. *Some observations on heavy metal toxicity and tolerance in lichens.* Lichenologist, 6: 158-164.

Seaward M. R. D., Bylinska E. A. & R. Goyal, 1981. *Heavy metal content of Umbilicaria species from the Sudety region of SW Poland.* Oikos, 36: 107-113.

Seaward M.R.D., Goyal R. & E.A. Bylinska, 1978. *Heavy metal content of some terricolous lichens from mineral enriched sites in Northern England.* Naturalist, 103: 135-141.

Seaward M.R.D. & J.C.B. Hitch (eds.), 1982. *Atlas of the lichens of the British Isles.* Univ. of Bradford.

Sergio C. & F. Bento-Pereira, 1981. *Liquenes e briofitos como bioindicadores da poluiçao atmosferica. I. Utilizaçao de uma escala qualitativa para Lisboa.* Bol. Soc. Brot. Ser.2, 54: 291-303.

Showman R.E., 1972. *Residual effects of sulphur dioxide on the net photosynthetic and respiratory rates of lichen thalli and cultured lichen symbionts.* Bryologist, 75: 335-341.

Sigal L.L. & T.H. Nash, 1983. *Lichen communities on conifers in southern Californian mountains: an ecological survey relevant to air pollution.* Ecology, 64: 1343-1354.

Sigal L.L. & O.C. Taylor, 1979. *Preliminary studies of the gross photosynthetic response of lichens to peroxyacetylnitrate fumigations.* Bryologist, 82: 564-575.

Silva-Pando F.J. & C. Ascaso, 1982. *Modificaciones ultraestructurales de liquenes epifitos transplantados a zonas urbanas de Madrid.* Collect. Bot., 13: 351-374.

Skye E., 1968. *Lichens and air pollution. A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region.* Acta Phytogeogr. Suec., 52: 1-123.

Skye E. & I. Hallberg, 1969. *Changes in the lichen flora following air pollution.* Oikos, 20: 547-552.

Sochting U. & I. Johnsen, 1974. *Changes in the distribution of epiphytic lichens in the Copenhagen area from 1936 to 1972.* Bot. Tidsskr., 69: 60-63.

Spampani M., 1982. *I licheni: indicatori fisiologici della qualità dell'aria.* Le Scienze, 167: 60-69.

Spenling N., 1971. *Flechten und Flechtengesellschaften des Waldviertels.* Herzogia, 2: 161-230.

Steiner M. & D. Schulzer, 1955. *Ueber die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rinden-epiphyten im Stadtgebiet von Bonn.* Decheniana, 108: 1-16.

Steinnes E. & H. Krog, 1977. *Mercury, arsenic and aluminium fall-out from an industrial complex studied by means of lichen transplants.* Oikos, 28: 160-164.

Steubing L., Klee R. & U. Kirschbaum, 1974. *Beurteilung der Lufthygienischen Bedingungen in der Region Untermain mittels niederer und höheren Pflanzen.* Staub Reinhalt. Luft., 36: 206-209.

Stoeppler M. & F. Backhaus, 1978. *Pretreatment studies with biological and environmental materials. I-Systems for pressured multi-sample decomposition.* Fresenius Z. Anal. Chem., 291: 116-120.

Sugiyama K., Kurokawa S. & G. Okada, 1976. *Studies on lichens as a bioindicator of air pollution. I. Correlation of distribution of Parmelia tinctorum with SO_2 air pollution.* Jap. J. Ecol., 26: 209-219.

Takala K., Kauranen P. & H. Olkkonen, 1978. *Fluorine content of two lichen species in the vicinity of fertilizer factory.* Ann. Bot. Fenn., 15: 158-166.

Takala K. & H. Olkkonen, 1976. *Lead content of the lichen Pseudevernia furfuracea in the urban area of Kuopio, Central Finland.* In: *Proceedings of the Kuopio Meeting on plant damages caused by air pollution.* Kuopio, 1976. Lauri Karenlampi: 64-67.

Takala K. & H. Olkkonen, 1981. *Lead content of an epiphytic lichen in the urban area of Kuopio, East central Finland.* Ann. Bot. Fenn., 18: 85-89.

Thomas W., Ruhling A. & H. Simon, 1984. *Accumulation of airborne pollutants (PAH, chlorinated hydrocarbons, heavy metals) in various plant species and humus.* Environ. Poll., 36: 295-310.

Thomson J.W., 1963. *The lichen genus Physcia in North America.* Beih. Nova Hedwigia, 7: 1-172.

Thrower S.L., 1980. *Air pollution and lichens in Hong Kong.* Lichenologist, 12: 305-311.

Tuominen Y. & T. Jaakkola, 1973. *Absorption and accumulation of elements.* In: Ahmadjian V. & M.H. Hale (eds.) *The Lichens.* Academic Press: 185-223.

Turian G., 1985. *Lichens as indicators of air pollution (zone-scales of Geneva).* Experientia, 41: 534-535.

Turian G. & P. Desbaumes, 1975. *Cartographie de quelques lichens indicateurs de la pollution athmosphérique à Genève.* Saussurea, 6: 317-324.

Türk R. & R. Christ, 1986. *Beitrag zur epiphytischen Flechtenflora im Stadtgebiet von Wien.* Verh. zool.bot. Ges. Oesterr., 124: 65-80.

Türk R. & M. Seger, 1987. *Immissionsoekolologische Studie über den epiphytischen Flechtenbewuchs im Raum Klagenfurt.* Klag. geogr. Schriften, 5: 25-41.

Türk R. & H. Wittmann, 1986. *Rote Liste gefährdeter Flechten (Lichenes) Österreichs.* Wien.

Van Dobben H.F., 1986. *Decline of epiphytic lichens in the Netherlands.* Acta Bot. Neerl., 35: 52-53.

Vareschi V., 1936. *Die epiphytenvegetation von Zürich.* Ber. Schweiz. bot. Ges., 46: 445-488.

Vestergaard N.K., Stephansen U. & L. Rasmussen, 1986. *Airborne heavy metal pollution in the environment of a Danish steel plant.* Water, Air, Soil Poll., 27: 363-377.

Vincent J.P., 1968. *Contribution à l'étude et à la cartographie de la pollution athmosphérique de la ville de Toulouse, à l'aide des épiphytes et des épilithes.* Thèse 3ème Cycle. Toulouse, 174 pp.

Von Arb C., 1986. *Photosynthesis and chlorophyll content of the lichen Parmelia sulcata Taylor from different sites of a mid-sized Swiss city.* Experientia, 42: 7-12.

Walter H. & H. Lieth, 1960. *Klimadiagramm-Weltatlas.* Fischer Verlag.

Wanner H., Ammann K., Berlincourt P., Fillinger P., Herzig R., Liebendoerfer L., Rickli R. & M. Urech, 1986. *Urban metereology and air pollution in Biel-Bienne (Switzerland).* International Symp. on Climatology. Freib. Geogr. Hefte, vol. 1986 (in stampa).

Ward N.I. Reeves R.D. & R.R. Brooks, 1975. *Lead in soil and vegetation along a New Zeland State Highway with low traffic volume.* Environ. Pollut., 9.

Wetmore C.M., 1983. *Lichens of the air quality class I. National Parks. Final Report.* Denver, Colorado, National Park Service.

Wheeler G.L. & G.L. Rolfe, 1979. *The relationship between daily traffic volume and the distribution of Pb in road soil and vegetation.* Environ. Pollut., 18: 265-274.

Wirth V., 1980. *Flechtenflora.* Ulmer. Stuttgart, 552 pp.

Wirth V. & B. Brinckmann, 1977. *Statistical analysis of the lichen vegetation of an avenue in Freiburg (South-West Germany), with regard to injurious anthropogenous influences.* Oecologia, 28: 87-101.

Wohlbier W. G.L. & A. Lindner, 1959. *Der Gehalt der Rinden verschiedenen Baumarten an Mengen- und Spurenelementen.* Z. Jagdwiss, 5, 55.

Zakshek E.M. & M.E. Puckett, 1986. *Lichens sulphur and lead levels in relation to deposition patterns in eastern Canada.* Water, Air, Soil Poll., 30: 161-169.

Zimny H. & K. Kucinska, 1974. *Porosty Warszawy jako biowskazniki zaburzensrodowiska miejskiego.* Przeglad Inform., 10: 13-21.

Zust S., 1977. *Die epiphytenvegetation im Raume Zürich als Indikator der Umweltbelastung.* Veröff. geobot. Inst. Zürich, 62: 1-113.

APPENDICE

LISTA FLORISTICA

Di seguito viene riportata la lista delle specie licheniche rinvenute nell'area di studio di Macerata: per ogni specie si dà un sintetico commento sulla distribuzione, sulla sensibilità all'inquinamento quale nota dalla letteratura, sul comportamento nell'area studiata.

Per la valutazione della frequenza delle specie nell'area ci si è basati sulla percentuale di presenza calcolata sulla base della tabella specie-stazioni (Tab. 1), secondo la seguente scala:
- specie molto comuni: presenti in più dell' 80 % delle stazioni;
- abbastanza comuni: tra il 41 e l' 80 %;
- poco comuni: tra il 21 ed il 40 %;
- piuttosto rare: tra l' 11 ed il 20 %;
- rare: tra il 2 ed il 10 %;
- rarissime: presenti in meno del 2 % delle stazioni.

Alla fine di ogni commento vengono riportati gli indici di Wirth (1980) per il pH, il grado di nitrofitismo (N), di igrofitismo (H) e di fotofitismo (L), (vedi Nimis & Dallai, 1985, Nimis et al. 1987) e la diagnosi di areale. La nomenclatura segue Nimis (1987) e Nimis & Poelt (1987).

Arthonia radiata (Pers.) Ach.

Si tratta di un lichene piuttosto comune nella regione floristica mitteleuropea, legato a condizioni di relativamente elevata umidità atmosferica e di alte precipitazioni, che nella regione mediterranea è più frequente nella fascia montana (secondo Salazar, 1989, sui Pirenei raggiunge i 1700 m).

Laundon (1973) cita *Arthonia radiata* tra le specie sensibili all'inquinamento atmosferico. Crespo ed al. (1981) riportano un limite di tolleranza alla concentrazione media di anidride solforosa durante i mesi invernali che va da 60 a 125 $\mu g/m^3$ (dati riferentisi alla provincia di La Coruña, Spagna).

La specie è stata rinvenuta da Nimis (1985, 1986, 1990) nelle periferie di Trieste, Udine e Roma, dove è rara in assoluto, ed assente in aree urbanizzate.

A Macerata è presente in una sola stazione, distante del centro abitato, a conferma della sua sensibilità.
pH: 3-5, N: 1-2, H: 2-3, L: 1-2. S'bor-med.

Caloplaca cerina (Ehrh.) Th.Fr.

Si tratta di una specie molto comune su alberi a scorza più o meno eutrofica (o a reazione subneutra), diffusa dalla zona boreale a quella mediterranea, con

probabile optimum nella zona submediterranea. In Italia è comune, soprattutto dalla fascia planiziale a quella montana, nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion parietinae* (v. Nimis, 1982, Nimis & De Faveri, 1981). Nell'Italia mediterranea è più frequente nelle fasce collinare e montana, e viene parzialmente sostituita dall'affine *Caloplaca haematites* nell'ambito di vegetazione mediterranea propriamente detta.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), *Caloplaca cerina* tollera, su scorza eutrofica, concentrazioni medie di anidride solforosa sino a 30 $\mu g/m^3$.

Questa specie è stata ritrovata da Deruelle (1983) nell'area circostante la città di Parigi, ed è considerata come sensibile all'inquinamento da anidride solforosa. Nimis (1986) la cita per Trieste e per Udine, dove non raggiunge il limite del deserto lichenico. Nella città di Roma (Nimis, 1990) è rara e presente soltanto nelle zone periferiche meno urbanizzate.

Anche a Macerata la specie si dimostra sensibile essendo stata trova in sole 2 stazioni, poste ben distanti dal centro urbano.
pH: 5, N: 2-3, H: 4-5, L: 4. Bor-med.

Caloplaca cerinella (Nyl.) Flagey

La specie ha un'ampia distribuzione pantemperata, trovandosi in Europa, Asia, Africa del Nord e Tasmania. Si sviluppa comunemente dalla fascia planiziale a quella montana su alberi a scorza neutro-basica nell'ambito di associazioni dello *Xanthorion parietinae* (Wirth, 1980). Trattandosi di specie piuttosto rara, non si hanno informazioni sulla sua sensibilità all'inquinamento.

A Macerata è presente in una sola stazione, posta al di fuori del centro urbano.
Mieur-smed.

Candelaria concolor (Dicks.) Stein

Questa specie è molto comune in tutta Italia al di sotto della fascia montana, salvo che nell'ambito di vegetazione prettamente mediterranea (al Sud è più frequente al di sopra dei 500 m). Si tratta di un caratteristico elemento della vegetazione dello *Xanthorion parietinae*. Nell'Italia Nord-orientale *Candelaria concolor* è particolarmente frequente nel *Physcietum elaeinae* (Barkman, 1958; Nimis 1982, Nimis & De Faveri, 1981), in associazione con *Hyperphyscia adglutinata*.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), *Candelaria concolor*, su scorza eutrofica, tollera concentrazioni medie di anidride solforosa sino a 40 $\mu g/m^3$.

Laundon (1973) cita *Candelaria concolor* come una specie sensibile all'inquinamento atmosferico in Inghilterra e De Wit (1976) afferma che la specie, in Olanda, è relativamente sensibile all'inquinamento. Deruelle (1983) cita la specie come rara e sensibile all'inquinamento per i dintorni di Parigi. Barkman (1958) attribuisce a *Candelaria concolor* un valore piuttosto basso di

poleofobia (4.5 su una scala di 12 valori) per la città di Oslo. E' da notare come nella maggior parte dei casi citati in precedenza le aree studiate corrispondano al margine settentrionale della distribuzione di *Candelaria concolor*. Uno studio sui licheni della città di Lisbona (Sergio & Bento-Pereira, 1981) cita invece *Candelaria concolor* tra le specie più resistenti all'inquinamento, il che concorda bene con quanto osservato in molte parti d'Italia. A Trieste e Udine (Nimis, 1985, 1986) la specie è molto frequente, e raggiunge i confini del deserto lichenico, pur presentando l'optimum ad una certa distanza dalla città. Una situazione analoga è riportata da Nimis (1990) per la città di Roma, dove però *Candelaria concolor* è più frequente nella parte occidentale della città.

A Macerata è una specie abbastanza rara, diffusa in aree urbane ed extraurbane mediamente o poco inquinate.
pH: 4-5, N: 2-4, H: 4-5, L: 4-5. S'bor-med.

Gyalecta liguriensis (Vĕdza) Vĕzda

Si tratta di una specie legata a clima suboceanico-caldo la cui diffusione è ristretta alla Liguria, Provenza e Portogallo. Quello di Macerata è il terzo ritrovamento della specie in Italia (Nimis 1988). Data la rarità non si hanno informazioni sulla sensibilità all'inquinamento.

A Macerata *Gyalecta liguriensis* è presente in un sola stazione, posta nelle campagne ad Est della città.

Hyperphyscia adglutinata (Flk.) Mayrh. et Poelt

Sin.: *Physcia elaeina* auct.

Si tratta di una specie a larga diffusione mondiale, con areale di tipo suboceanico in Europa; è l'unico rappresentante europeo di un genere ad affinità subtropicali (Poelt, 1974; Moberg, 1977). Secondo Barkman (1958) sarebbe diffusa dal Portogallo alla Jugoslavia, con probabili estensioni sino al bacino danubiano. In Italia sembra essere piuttosto comune in tutto il paese, al di sotto della fascia montana (Nimis 1987), nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion parietinae*. Barkman (1958) la cita tra le specie caratteristiche del *Physcietum elaeinae*.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), *Hyperphyscia adglutinata* tollera concentrazioni medie di anidride solforosa sino a 50 $\mu g/m^3$.

Giralt i Esteve (1986) la considera come una specie piuttosto resistente all'inquinamento atmosferico nella regione di Tarragona (Spagna). A Trieste (Nimis, 1985) essa è poco frequente ed appare moderatamente poleofoba. E' più comune a Roma (Nimis, 1990), ma soltanto nelle zone periferiche e nella parte occidentale della città; anche ad Udine (Nimis, 1986) la specie non raggiunge i limiti del deserto lichenico.

A Macerata la specie è piuttosto comune (61.8 % delle stazioni), distribuita omogeneamente nell'area ma assente nella fascia più inquinata.

pH: 5, N: 3-4, H: 4-5, L: 4. Mieur.subatl-med.

Lecanora argentata (Ach.) Malme
Sin: *Lecanora subfuscata* H. Magn.

Si tratta di una specie molto frequente, con l'optimum nella fascia montana.

De Wit (1976) attribuisce a questa specie una bassa sensibilità all'inquinamento atmosferico per l'Olanda, il che sarebbe in accordo con le osservazioni di Skye (1968) per Stoccolma. Deruelle cita *Lecanora subfusca* s.l. come una specie con un limite di tolleranza a concentrazioni di anidride solforosa superiori a 60 $\mu g/m^3$, ma l'identificazione precisa della specie è dubbia (potrebbe trattarsi di un'altra specie del gruppo, come *Lecanora chlarotera*, non citata da Deruelle tra le specie dell'area circostante Parigi).

A Macerata è una specie poco comune (32.3% delle stazioni) distribuita prevalentemente all'esterno del centro urbano.
N: 1. S'bor-mieur-med.

Lecanora carpinea (L.) Vain.

Si tratta di una specie molto frequente in tutta Europa, dalla zona boreale a quella mediterranea; ha un'ampia valenza ecologica, con l'optimum (in Italia) nelle fasce planiziale e montana inferiore; si comporta spesso da lichene pioniero su giovani rami o su alberi a scorza liscia, ed entra in associazioni dello *Xanthorion parietinae* (Nimis 1982, 1984, Nimis & De Faveri, 1981).

Secondo Barkman (1958), la specie avrebbe un basso indice di poleofobia, ed anche Wirth (1980) la considera come un lichene tossitolerante. Gli studi condotti in Olanda da De Wit (1976) hanno invece permesso di appurare come l'inquinamento atmosferico sia uno dei principali fattori limitanti per questa specie, confermando i risultati ottenuti da Skye (1968) per la città di Stoccolma. A Trieste (Nimis, 1985) *Lecanora carpinea* è abbastanza frequente e mostra una moderata poleofobia, mentre è completamente assente ad Udine e a Roma (Nimis, 1986, 1990).

A Macerata è segnalata in tre stazioni, all'esterno o in periferia del centro urbano.
pH: 4, N: 1-2, H: 3-5, L: 2-5. Bor-med.

Lecidella elaeochroma (Ach.) Haszl.

Sin. *Lecidea parasema* (Ach.) Ach.

La specie ha un'amplissima distribuzione e valenza ecologica in tutta Europa, dalla zona boreale a quella mediterranea. In Italia è forse il più comune lichene crostoso epifita, essendo presente dalla fascia planiziale a quella montana, su una grande varietà di alberi. Predilige comunque alberi a scorza liscia o poco rugosa e sembra avere l'optimum nell'ambito di vegetazione dello

Xanthorion (Nimis & De Faveri, 1981), o di associazioni pioniere di licheni crostosi (ad esempio è spesso associata a *Lecanora carpinea* e *Lecanora chlarotera*).

Secondo Seaward & Hitch (1982), essa sarebbe in grado di tollerare concentrazioni medie di anidride solforosa sino a 100 $\mu g/m^3$; a concentrazioni più elevate la specie è in grado di sopravvivere soltanto sulla scorza eutrofica di alberi come *Ulmus, Fraxinus, Acer*. Deruelle (1983) attribuisce a questa specie (citata come *Lecidea parasema*) un limite di tolleranza di 50 $\mu g/m^3$.

Secondo Skye (1968), la specie sarebbe molto sensibile all'inquinamento nella città di Stoccolma, che però si trova presso il limite settentrionale dell'areale della specie in Europa. Per quel che riguarda l'inquinamento da fluoro, Kunze (1974) afferma che questa specie ha valori di tolleranza medio-alti a questo tipo di inquinamento. Barkman (1958) riporta un valore piuttosto alto di poleofobia (7.5) per la città di Debreen. Anche nella città di Roma (Nimis, 1990) *Lecidella elaeochroma* è presente soltanto nelle aree periferiche meno urbanizzate. A Trieste ed Udine (Nimis, 1985, 1986), invece, la specie si spinge sino ai margini del deserto lichenico, pur possedendo l'optimum in zone periferiche delle due città.

A Macerata è specie piuttosto rara (17.6% delle stazioni) e presente in stazioni poste nelle campagne circostanti il centro urbano o comunque poco inquinate.
pH: 3-5, N: 1-3, H: 3-5, L: 3-5. (Arkt) bor-med.

Lepraria incana auct.

Il genere *Lepraria* è un taxon artificiale, che include forme licheniche il cui tallo è completamente dissolto in una massa soredioso-pulverulenta, di norma idrorepellente e che non sono mai state rinvenute allo stato fertile. Qui *Lepraria incana* è stata determinata seguendo la chiave di Clauzade & Roux (1985), ma tutto il gruppo delle Leprarie necessita di una approfondita revisione sistematica sulla base di caratteri chimici ed ultrastrutturali. E' probabile che alcuni dei licheni citati in letteratura come *Lepraria incana* si riferiscano a diversi taxa.

Crespo et al. (1981) riportano valori di tolleranza a concentrazioni medie di anidride solforosa durante i soli mesi invernali che vanno da 125 a 150 $\mu g/m^3$ per la provincia di La Coruña (Spagna).

De Wit (1976) attribuisce un'alta tolleranza all'inquinamento da parte di questa specie relativamente all'Olanda, e Skye (1968) cita *Lepraria incana* tra le specie più resistenti all'inquinamento a Stoccolma. Wirth (1980) cita *Lepraria incana* tra le specie tossitoleranti. Nimis (1990) la cita per la città di Roma dove, sia pur raramente, è in grado di penetrare sin nei quartieri semicentrali. Una possibile causa della resistenza può essere dovuta alla forte idrorepellenza del tallo leproso.

A Macerata è presente in 3 stazioni, poste in zone poco o mediamente inquinate.
pH: 2-4, N: 1, H: 2-4, L: 2-4. (bor)-mieur-med.

Parmelia acetabulum (Neck.)Duby

E' una specie abbastanza frequente nell'ambito dello *Xanthorion,* ed in particolare dell' associazione del *Parmelietum acetabulae* che si sviluppa su alberi a scorza subacida, isolati (Nimis 1982). E' presente soprattutto dai 400 ai 1200 m, nell'Europa centrale e meridionale e Africa del Nord.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), la specie tollera valori medi di anidride solforosa fino a 70 $\mu g/m^3$ su scorza eutrofica. Deruelle riporta un valore medio limite di 60 $\mu g/m^3$ per la zona di Parigi e di Mantes.

Secondo De Wit, in Olanda è una specie molto comune, ma assente nelle zone molto povere di licheni dimostrando una sensibilità intermedia. Per la regione di Stoccolma, Skye la considera come moderatamente poleofoba.

A Macerata la specie è stata rilevata in due stazioni poste lungo un viale molto trafficato, localizzato all'estremo Nord del centro storico. La zona risulta però relativamente poco contaminata, forse a causa della posizione periferica rispetto al centro e ben esposta ai venti.

pH: 3-4, N: 2-3, H: 4-5, L: 4-5. Mieur-med(mo).

Parmelia elegantula (Zahlbr.) Ras.

La distribuzione della specie comprende le regioni temperate dell'Europa e l'America del Nord. Cresce su alberi isolati nell'ambito di associazioni dello *Xanthorion parietinae* e secondo Wirth (1980) è una specie relativamente comune nell'ambito di conurbazioni e piuttosto resistente all'inquinamento atmosferico.

A Macerata è stata ritrovata in due stazioni poco inquinate all'interno del centro abitato.

pH: 4-5, N: 2-3. Mieur-med.

Parmelia exasperata (Ach.) De Not.

E' distribuita nelle regioni temperate dell'emisfero Nord, comune nel *Parmelietum acetabulae* e *Lecanorion subfuscae* (Nimis 1982, 1984, 1987).

Viene segnalata da Skye (1968) nella regione di Stoccolma come specie molto poleofoba, rara.

A Macerata è presente in tre stazioni, situate nell'area urbana, lungo un viale molto trafficato: la zona però risulta poco inquinata probabilmente a causa della posizione periferica e ben esposta ai venti.

(s')bor-smed.

Parmelia exasperatula Nyl.

Parmelia exasperatula è una specie frequente in tutta Italia, con un relativamente ampio spettro di tolleranza ecologica: è diffusa dalla fascia planiziale a quella montana (a volte anche in quella subalpina), in genere (ma non sempre) nell'ambito di vegetazione di *Xanthorion* (Nimis & De Faveri, 1981,

Nimis 1987). Tra le specie di *Xanthorion*, tuttavia, *Parmelia exasperatula* è una di quelle che tollerano una più alta acidificazione della scorza. Secondo Wirth (1980) sarebbe in grado di tollerare una eutrofizzazione piuttosto forte.

Hawksworth & Rose (1970) affermano che *Parmelia exasperatula*, su scorza non eutrofica, non tollera concentrazioni medie di anidride solforosa superiori ai 50 $\mu g/m^3$.

Barkman (1958) attribuisce a questa specie valori medio-alti di poleofobia (7.5) per le città di Oslo ed Helsinki. Kandler & Poelt (1984) riportano che essa è una delle 12 specie che sono state in grado di ricolonizzare il centro di Monaco di Baviera in conseguenza di un miglioramento nella qualità dell'aria. Anche ad Udine (Nimis, 1986) *Parmelia exasperatula* penetra sin presso il margine del deserto lichenico. A Trieste (Nimis, 1985) essa è la meno poleofoba delle Parmelie. De Wit (1976) invece la considera come piuttosto sensibile all'inquinamento atmosferico in Olanda, e Skye (1968) la cita tra le più sensibili all'inquinamento per la città di Stoccolma.

A Macerata è stata segnalata in una sola stazione all'interno dell'area urbana.
pH: 3-5, N: 3, H: 4-5, L: 4-5. Bor-med.

Parmelia glabratula (Lamy) Nyl.

Si tratta di una specie molto comune in Italia, diffusa in Europa e nell'Africa del Nord.

Secondo Hawksworth & Rose (1970) la specie tollera, su scorza non eutrofizzata, valori medi di anidride solforosa non superiori ai 70 $\mu g/m^3$.

A Macerata è stata trovata in una sola stazione, posta in un'area relativamente poco inquinata, nella periferia meridionale della città.
N: 1-(2), L: 3. Bor-med.

Parmelia subaurifera Nyl.

Presente in Europa, Africa del Nord e America settentrionale, in Italia è una specie molto frequente, soprattutto dalla fascia planiziale a quella montana inferiore, evitando situazioni troppo calde e secche.

Nella regione di Stoccolma viene considerata da Skye (1968) come specie molto sensibile all'inquinamento.

A Macerata è una specie piuttosto rara (11.6% delle stazioni) con un comportamento che dimostra scarsa sensibilità all'inquinamento, essendo presente sia nella zona urbana più inquinata che nella zona extraurbana meno inquinata.
pH: 3-4, N: 1-(2). Bor-med.

Parmelia subrudecta Nyl.

Parmelia subrudecta ha un'ampia distribuzione nelle zone temperate dei due emisferi. In Europa sembra essere più frequente nella parte centro-meridionale

del continente. In Italia è comune al di sotto della fascia montana, dove si instaura, di preferenza, nell'ambito di sinusie dello *Xanthorion parietinae*, salvo che in vegetazione prettamente mediterranea, dove è meno frequente (Nimis 1987, Nimis & Schiavon 1986). Il pH medio del substrato, calcolato da Jürging (1975) per la regione circostante Monaco di Baviera, sarebbe di 5.2.

Secondo Seaward & Hitch (1982), *Parmelia subrudecta* non tollera concentrazioni medie di anidride solforosa superiori a 65 $\mu g/m^3$. Valori comparabili vengono riportati da Crespo et al. (1981) per la provincia di La Coruña (Spagna) dove *Parmelia subrudecta* ha un limite di tolleranza a concentrazioni medie nei soli mesi invernali che vanno da 50 a 60 $\mu g/m^3$.

De Wit (1976) la considera come mediamente sensibile all'inquinamento atmosferico in Olanda. Per quanto riguarda l'inquinamento da fluoruri, lo studio di Kunze (1974) ha dimostrato che *Parmelia subrudecta* possiede una tolleranza medio alta a questo tipo di inquinamento. Barkman (1958) attribuisce un valore medio-basso di poleofobia per questa specie (citata come *Parmelia dubia*) relativamente al territorio olandese (5) ed alla città di Birmingham (6). Un valore analogo si ricava dalla sua distribuzione nelle città di Trieste ed Udine (Nimis, 1985, 1986). A Roma (Nimis, 1990) *Parmelia subrudecta* è la *Parmelia* più frequente e conferma la sua moderata poleofobia.

A Macerata *Parmelia subrudecta* è piuttosto rara (17.6 % delle stazioni), tendenzialmente sviluppata nelle campagne circostanti la città, ma presente in stazioni urbane abbastanza inquinate.

Per gli indici ecologici seguiamo qui Nimis et al. (1987). pH: 4-5, N: 2, H: 4-5, L: 4. Mieur-med.

Parmelia sulcata Taylor

Si tratta di una delle specie con più ampia distribuzione a livello mondiale. In Italia è comune dalla fascia planiziale (più rara nella zona mediterranea) a quella subalpina, in genere su alberi a scorza acida (Nimis 1987). Secondo Jürging (1975) nella regione di Monaco di Baviera la specie ha un optimum di pH pari a 5.2.

In aree inquinate i talli sono spesso scoloriti, rossastri o nerastri, a volte ridotti a piccole squamule addensate. Secondo Seaward & Hitch (1982), *Parmelia sulcata* tollera concentrazioni medie invernali di anidride solforosa sino a 90 $\mu g/m^3$; avrebbe una tolleranza ecologica simile a quella di *Hypogymnia physodes*, ma probabilmente un optimum di pH leggermente superiore. Il lavoro di Christ & Türk (1984) sulla città di Vienna riporta una tolleranza massima di 80 $\mu g/m^3$ (medie invernali); secondo questi autori *Parmelia sulcata* sarebbe ancor più resistente all'inquinamento di *Hypogymnia physodes*, mentre Kunze (1974) riporta che a Friburgo le due specie hanno simili risposte all'inquinamento, ma *Hypogymnia physodes* si rivela leggermente meno sensibile di *Parmelia sulcata*. Valori comparabili di tolleranza vengono riportati da Crespo et al. (1981) per la

provincia di La Coruña (Spagna) dove la specie tollera da 60 a 125 $\mu g/m^3$ (dati riferentisi alle concentrazioni medie nei soli mesi invernali) e da Deruelle (1983) per la città di Parigi, che attribuisce alla specie un limite di tolleranza di 70 $\mu g/m^3$.

La sua relativamente alta tolleranza all'inquinamento atmosferico è confermata anche dai dati di Skye (1968) per Stoccolma, di De Wit (1976) per l'Olanda, Ammann et al. (1989) per Bienna, e Nimis (1985) per Trieste. Wirth (1980) cita *Parmelia sulcata* tra i licheni epifiti più frequenti all'interno di conurbazioni.

Uno studio di Christ & Türk (1981) ha dimostrato una correlazione tra concentrazione di anidride solforosa e depressione dell'attività fotosintetica in *Parmelia sulcata*, dovuta all'alterazione della clorofilla. Un analogo studio condotto da von Arb (1986) nella cittadina di Bienna (Svizzera) ha dimostrato come la fotosintesi e la respirazione di *Parmelia sulcata* non mostrano alcuna correlazione con il tasso di inquinamento da anidride solforosa, mentre la fotosintesi netta diminuisce da quattro a cinque volte passando dalle aree suburbane a quelle centrali; il contenuto di clorofilla si è dimostrato più alto in materiale proveniente dal centro urbano, il che indicherebbe la necessità di una maggior quantità di alghe per permettere la sopravvivenza del lichene in aree inquinate. La specie, secondo Le Blanc et al. (1972) avrebbe una discreta tolleranza all'inquinamento da fluoruri, un risultato confermato anche dallo studio di Kunze (1974). Gli esperimenti di laboratorio effettuati da De Wit (1976) hanno dimostrato che *Parmelia sulcata* è molto meno sensibile di *Evernia prunastri* e *Physcia tenella* ad inquinamento da etilene, meno sensibile di *Hypogymnia physodes* ad inquinamento da ozono. Gough et al.(1985), in un lavoro riguardante la scelta dei migliori bioindicatori dell'inquinamento da metalli pesanti in North Dakota, citano *Parmelia sulcata* come un ottimo indicatore della qualità dell'aria in quanto essa mostra concentrazioni di metalli pesanti due o più volte maggiori che le altre specie considerate.

I valori di poleofobia riportati da Barkman (1958) per l' intero territorio olandese e le città di Birmingham e Oslo sono di tipo medio-basso (rispettivamente 5 e 6). Kandler & Poelt (1984) riportano che *Parmelia sulcata* è una delle 12 specie che sono state in grado di ricolonizzare il centro di Monaco di Baviera in conseguenza di un miglioramento nello stato dell'aria. Un fenomeno simile è citato da Rose & Hawksworth (1981) per la città di Londra. Ad Udine (Nimis, 1986) la specie si spinge sin presso i margini del deserto lichenico. A Roma (Nimis, 1990) essa è invece molto rara, probabilmente a causa di ragioni climatiche, ma i pochi campioni osservati erano tutti localizzati in aree semicentrali.

A Macerata è stata rilevata in una sola stazione, posta nella periferia meridionale della città, moderatamente interessata da fenomeni di inquinamento.

pH: 4-5, N: 2-3, H: 3-5, L: 4. Arkt-med.

Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.

Sin: *Parmelia scortea* (Ach.) Ach.

La specie ha una distribuzione che va dalla regione macaronesica alla Scandinavia Centrale. In Italia è abbastanza frequente soprattutto nella fascia montana inferiore (Nimis 1987). Il pH medio del substrato, calcolato da Jürging (1975) per la regione attorno a Monaco di Baviera, è di 5.2.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), *Parmelia tiliacea* non tollera, su scorza non eutrofica, concentrazioni medie di anidride solforosa maggiori di 50 $\mu g/m^3$.

Barkman (1958) attribuisce a questa specie un valore di poleofobia piuttosto alto (9) per la città di Oslo; De Wit (1976) la considera tra le specie piuttosto sensibili all'inquinamento in Olanda e Deruelle (1983) tra le specie sensibili nella regione di Parigi. A Bienna (Ammann et al., 1989) la frequenza di *Parmelia tiliacea* aumenta dal centro cittadino verso le zone periferiche. A Trieste e a Roma (Nimis, 1985, 1989) essa appare piuttosto poleofoba, mentre ad Udine (Nimis, 1986) si spinge, sia pur molto raramente ed in esemplari fortemente ridotti e danneggiati, sin presso i margini del deserto lichenico.

A Macerata è una specie piuttosto rara (17.6 % delle stazioni), diffusa in zone periferiche, poco inquinate.

pH: 4-5, N: 2-3, H: 4, L: 4-5. Mieur-med.

Physcia adscendens (Fr.) H.Oliv.

Si tratta di una specie a larga distribuzione; in Europa è presente dalla zona artica a quella mediterranea; in Italia è uno dei licheni epifiti più frequenti nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion* (è specie caratteristica dell'ordine *Physcietalia adscendentis*, Nimis & De Faveri 1981). A volte è associata all'affine *Physcia tenella*, con cui può venir facilmente confusa. Il pH medio del substrato, misurato da Jürging (1975) per la regione di Monaco di Baviera, si aggira sul 5.6 (limitatamente a *Quercus*).

Secondo Hawksworth & Rose (1970) in Inghilterra *Physcia adscendens* non tollera, su scorza eutrofica, concentrazioni medie di anidride solforosa superiori a 70 $\mu g/m^3$. Questo dato è pienamente confermato dagli studi di Deruelle (1977) nella regione di Mantes (Francia). Wirth (1980) la considera tra le specie piuttosto tossitolleranti. Secondo Le Blanc et al. (1972) *Physcia adscendens* avrebbe una tolleranza media ad inquinamento da fluoruri, fatto già verificato da Martin & Jacquard (1968). Una relativamente alta tolleranza all'inquinamento da fluoruri viene inoltre riportata da Kunze (1974).

Barkman (1958) attribuisce a questa specie un valore medio-basso di poleofobia per il territorio olandese (5). Kandler & Poelt (1984) riportano che *Physcia adscendens* è una delle 12 specie che sono state in grado di ricolonizzare il centro di Monaco di Baviera in conseguenza di un miglioramento nello stato

dell'aria. Kunze (1974) riporta invece che nella città di Friburgo (Germania Occidentale) *Physcia adscendens* è molto sensibile all'acidificazione prodotta dall'inquinamento da anidride solforosa (su scorza di tiglio) e si comporta da specie relativamente poleofoba; su alberi a scorza eutrofica, invece, essa si conferma come fortemente poleotollerante. Ciò trova riscontro nei risultati ottenuti da Nimis (1985, 1986, 1990) per Trieste, Udine e Roma, dove *Physcia adscendens* è una delle specie che penetrano più in profondità nel tessuto urbano su alberi a scorza primariamente o secondariamente neutro-basica. Alcuni autori considerano congiuntamente *Physcia adscendens* e *Physcia tenella*, attribuendo alle due specie (che a volte sono difficilmente distinguibili in campo) simili valori di tolleranza all'inquinamento. De Wit (1976) afferma invece che *Physcia tenella* sarebbe molto meno sensibile all'inquinamento di *Physcia adscendens*, il che sarebbe in accordo con i dati di Skye (1968) per Stoccolma; questi dati contrastano però con quelli forniti da Deruelle (1983) per la regione parigina; Deruelle, infatti, attribuisce a *Physcia tenella* una tolleranza di 60 $\mu g/m^3$, a *Physcia adscendens* una tolleranza sino a 70 $\mu g/m^3$. Un dato fortemente discordante è quello fornito da Skye (1968) per Stoccolma, dove la specie viene considerata come molto sensibile all' inquinamento; è però da tener presente che la città di Stoccolma è vicina al limite settentrionale dell'areale della specie in Europa.

A Macerata *Physcia adscendens* è una specie abbastanza comune (79.4 % delle stazioni), diffusa in tutto il territorio, comprese le aree più inquinate dove però mostra un decremento della frequenza; nelle aree più esterne presenta invece la massima frequenza.

pH: 4-7, N: 2-3, H: 4-5, L: 4-5. Bor-med.

Physcia aipolia (Humb.) Fuernr.

Physcia aipolia ha una vasta distribuzione in Europa, dalla zona boreale alla regione mediterranea (dove è però più frequente nella fascia montana). E' nota anche per il Nord America, l'Asia Settentrionale e l'America Centrale. In Italia la specie è abbastanza comune dalla fascia planiziale a quella montana superiore (Nimis 1987), nell'ambito del *Physcietum adscendentis*, associazione di cui è considerata da Barkman (1958) come specie caratteristica.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), essa tollera concentrazioni medie di anidride solforosa sino a 45 $\mu g/m^3$. Secondo Le Blanc et al. (1972), *Physcia aipolia* avrebbe una bassa tolleranza ad inquinamento da fluoruri.

Barkman (1958) riporta valori piuttosto alti di poleofobia; essi vanno da 8 per l'intera Olanda a 10.5 per la città di Oslo. Ciò sarebbe confermato dai risultati dello studio di De Wit (1976) sull'intera Olanda, che dimostrano la relativamente alta sensibilità all'inquinamento atmosferico di questa specie, e da quelli di Deruelle (1983) per la città di Parigi, dove essa inizia a divenire comune a 25 Km dal centro della città. Anche a Roma (Nimis, 1990) *Physcia aipolia* è ristretta alle

zone periferiche meno urbanizzate. Wirth (1980) la cita tra le specie moderatamente tossitolleranti.

A Macerata è una specie piuttosto rara (14.7 % delle stazioni), diffusa nella zona extraurbana a Sud-Est della città.
pH: 4-5, N: 2, H: 4-5, L: 4-5. Bor-med.

Physcia biziana (Massal.) Zahlbr.

Physcia biziana ha una distribuzione mediterraneo-submediterranea in Europa, ed è un tipico elemento di facies meridionali del *Physcietum adscendentis* (Nimis & de Faveri, 1981, Nimis 1982). E' stata ritrovata anche in Nord America (Thomson, 1963) dove è presente nella parte occidentale del continente.

Secondo Christ & Türk (1984), la specie (nella varietà *aipolioides*) sarebbe presente anche alla periferia della città di Vienna ed avrebbe un limite di tolleranza a concentrazioni medie invernali di anidride solforosa pari ad 80 $\mu g/m^3$. La stessa varietà è citata da Liska & Pisut (1987) come piuttosto resistente all'inquinamento in Cecoslovacchia.

A Trieste (Nimis, 1985) *Physcia biziana* (presente nella varietà tipica) si spinge abbastanza in profondità nel tessuto urbano, mentre a Roma (Nimis, 1989) è più frequente nelle zone periferiche meno urbanizzate.

A Macerata è la specie più comune (91.1% delle stazioni) e diffusa in tutta l'area di studio, con massimi di frequenza nelle zone periferiche. La specie dimostra scarsa sensibilità, poichè si trova anche nelle zona urbane più inquinate.
pH: 4-5, N: 2-3, H: 5, L: 4-5. Smed-med.

Physcia orbicularis (Neck.) Poetsch

Physcia orbicularis è una specie molto variabile, forse passibile di ulteriori suddivisioni in taxa meglio delimitati. Intesa in senso lato, la specie ha una vastissima distribuzione nelle regioni temperate dell'emisfero Nord (Thomson, 1963). In Italia è senza dubbio una delle più comuni specie di *Physcia*, soprattutto al di sotto della fascia montana (Nimis 1987). Cresce su alberi isolati, nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion parietinae*.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), *Physcia orbicularis* riesce a tollerare concentrazioni medie di anidride solforosa, su scorza eutrofica, sino a 60 $\mu g/m^3$, ma diviene veramente abbondante soltanto a concentrazioni inferiori ai 50 $\mu g/m^3$. Questi valori sono confermati dai risultati di Deruelle (1983) per la città di Parigi.

Secondo Wirth (1980), *Physcia orbicularis* sarebbe uno dei licheni foliosi più tossitolleranti, ed in grado di sopportare anche un forte grado di eutrofizzazione. Secondo Le Blanc et al. (1972) la specie avrebbe una tolleranza di tipo medio all'inquinamento da fluoruri. I valori di poleofobia attribuiti da Barkman (1958) a questa specie vanno da un minimo di 4 (Birmingham) ad un

massimo di 6 (Oslo) con un valore di 5 per l'intera Olanda. Un valore medio di poleofobia è deducibile anche dai dati di Skye (1968) sulla città di Stoccolma. Kandler & Poelt (1984) riportano che *Physcia orbicularis* è una delle 12 specie che sono state in grado di ricolonizzare il centro di Monaco di Baviera in conseguenza di un miglioramento nello stato dell'aria. *Physcia orbicularis* sarebbe una delle specie che penetrano maggiormente verso il centro della città di Klagenfurt (Türk & Seger, 1987), di Trieste (Nimis, 1985), Udine (Nimis, 1986) e Roma (Nimis, 1990). La specie sembra avere un comportamento opposto nella città di Friburgo (Germania Occidentale), su tiglio (Kunze, 1974), dove *Physcia orbicularis* è molto sensibile all'acidificazione delle scorze prodotta dall'inquinamento da anidride solforosa; su alberi a scorza eutrofica, invece, la specie si conferma come fortemente poleotollerante. Anche a Parigi (Deruelle, 1983) *Physcia orbicularis* sembra essere assente dalle zone fortemente urbanizzate a causa dell'assenza di substrati adatti (accumulo di nitrati).

A Macerata è una specie poco comune, con il 32.2 % delle stazioni. Evita la zone più inquinate, ma si trova sia all'interno che all'esterno del centro abitato in zone mediamente o poco inquinate.
pH: 4-7, N: 3-5, H: 4-5, L: 4. Bor-med.

Physcia tenella (Scop.) DC.

La distinzione tra *Physcia tenella* e *Physcia adscendens*, riconosciuta per la prima volta da Bitter (1901) è a volte difficile da apprezzare, soprattutto quando si ha a che fare con campioni giovani, per cui le due specie sono state spesso confuse. Esse hanno una ecologia ed una distribuzione molto simili; in Europa, tuttavia, *Physcia tenella* si spinge meno verso Nord di *Physcia adscendens* (Moberg, 1977), essendo veramente frequente soltanto sino alla Scandinavia meridionale. Si tratta di una specie elio- xero- e nitrofitica, caratteristica dell'ordine *Physcietalia adscendentis* (Barkman, 1958). E' comunissima in tutta Italia, soprattutto al di sotto della fascia montana, e spesso è associata a *Physcia adscendens* (Nimis 1987).

Secondo Hawksworth & Rose (1970), *Physcia tenella* non tollera, su scorza eutrofica, concentrazioni medie di anidride solforosa superiori ai 60 $\mu g/m^3$. Questo dato è confermato da Deruelle (1983) per la città di Parigi. Jürging (1975) ritiene invece *Physcia tenella* un lichene particolarmente sensibile all' inquinamento da anidride solforosa. E' però da notare che Jürging ha lavorato soltanto su alberi a scorza acida (*Quercus*), mentre De Wit (1976) ha dimostrato come la sensibilità di *Physcia tenella* all'inquinamento da anidride solforosa sia di molto maggiore su alberi a scorza acida che su alberi con scorza eutrofica.

Barkman (1958) attribuisce a questa specie valori medio-bassi di poleofobia (4-6 su una scala di 12), il che sarebbe confermato dai risultati ottenuti da Steubing et al. (1974) e Kunze (1974), limitatamente ad alberi con scorza

eutrofica. Per le differenze nella sensibilità all'inquinamento con l'affine *Physcia adscendens* v. il commento a quest'ultima specie.

A Macerata *Physcia tenella* è una specie piuttosto frequente, essendo presente nel 64.7 % delle stazioni. Mostra un comportamento del tutto analogo a quello di *Physcia adscendens*: a differenza di questa non è stata rilevata nelle stazioni delle zone più inquinate, dimostrando una sensibilità maggiore.
pH: 4-6, N: 2-3, H: 5, L: 4-5. Bor-med.

Physconia distorta (With.) Laund.

Sin.: *Physconia pulverulenta* auct., *Physconia pulverulacea* Moberg

Si tratta di una delle più comuni Physconie in Italia. La sua distribuzione europea raggiunge la Scandinavia settentrionale (Moberg, 1977), ma inizia a divenire rara a partire dalla zona boreale. In Italia è relativamente comune al di sotto della fascia montana, nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion parietinae* (Nimis 1987). Barkman (1958) la cita tra le specie caratteristiche del *Physcietum adscendentis*.

Secondo Hawksworth & Rose (1970) questa specie, in Inghilterra, tollera concentrazioni medie di anidride solforosa non superiori a 60 $\mu g/m^3$, un dato confermato dagli studi di Deruelle (1977) nella regione di Mantes (Francia), di Deruelle (1983) per la regione di Parigi e da quelli di Johnsen & Soechting (1973) per la città di Copenhagen.

Wirth (1980) riporta che la specie è in forte regresso nella parte settentrionale della Germania sudoccidentale. Barkman (11958) attribuisce valori medio-alti di poleofobia a questa specie per l'Olanda (8) e per la città di Oslo (7.5), con l'eccezione della città di Birmingham, dove *Physconia distorta* sembra comportarsi da specie relativamente poco poleofoba (4). Alti valori di poleofobia possono venir ricavati anche dai dati pubblicati da Skye (1968) per la città di Stoccolma. A Trieste (Nimis, 1985) la specie appare solo moderatamente poleofoba, ma i talli presentano chiari segni di danneggiamento nelle stazioni più vicine al centro città; manca nella città di Roma (Nimis, 1990), pur essendo abbondante sia sui colli romani che lungo il litorale tirrenico. I risultati dello studio di De Wit (1976) sull'intera Olanda, dimostrerebbero come la specie sarebbe piuttosto sensibile all'inquinamento atmosferico, anche se De Wit (1976) suppone che vi siano altri fattori, oltre all'inquinamento, responsabili del rapido declino della specie in Olanda. Questa specie è stata utilizzata da Caniglia et al. (1978) per la mappatura dell'inquinamento nella Valle del Boite (Cortina d' Ampezzo); gli autori hanno rilevato un decremento di copertura della specie in corrispondenza di centri abitati.

Nell'area di studio di Macerata *Physconia distorta* è una specie piuttosto rara (17.6 % delle stazioni) moderatamente poleofoba.
pH: 4-6, N: 2-3, H: 5, L: 4-5. S'bor-smed.

Physconia grisea (Lam.) Poelt

Secondo Poelt (1966) il genere *Physconia* è uno dei pochi generi di macrolicheni che hanno un centro di differenziazione nell'area mediterranea propriamente detta. Tra le specie epifite che si spingono a Nord sino a raggiungere la parte meridionale della zona boreale vi sono *Physconia distorta* e *Physconia grisea*. Quest'ultima, tuttavia ha un areale a gravitazione più meridionale rispetto alla prima (Moberg, 1977), e si spinge sino alla Scandinavia meridionale. Secondo Wirth (1980) sarebbe la specie di *Physconia* che tollera una maggiore eutrofizzazione del substrato. In Italia *Physconia grisea* è una specie relativamente frequente, soprattutto al di sotto della fascia montana inferiore (Nimis 1987). E' una specie caratteristica di vegetazione dello *Xanthorion parietinae,* ed è probabilmente più igrofitica e nitrofitica di *Physconia distorta*.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), *Physconia grisea* non tollera, su scorza eutrofica, concentrazioni medie di anidride solforosa superiori a 70 $\mu g/m^3$, ma diviene abbondante soltanto a valori inferiori ai 60 $\mu g/m^3$. Deruelle (1977, 1983) conferma il limite di 70 $\mu g/m^3$ per la regione di Mantes (Francia), e quello di 60 $\mu g/m^3$ per quella di Parigi, mentre Johnsen & Soechting (1973) riportano un limite leggermente maggiore (80-90 $\mu g/m^3$) per la città di Copenhagen.

Wirth (1980) la cita tra le specie piuttosto tossitolleranti. Secondo Le Blanc et al. (1972) avrebbe una relativamente bassa tolleranza ad inquinamento da fluoruri. I valori di poleofobia riportati da Barkman (1958) per questa specie sono piuttosto variabili: si va da un minimo di 4 per l'intera Olanda ad un massimo di 10 per la città di Birmingham. Kandler & Poelt (1984) riportano che *Physconia grisea* è una delle 12 specie di licheni che sono state in grado di ricolonizzare il centro di Monaco di Baviera in conseguenza di un miglioramento nello stato dell'aria. A Trieste (Nimis, 1985) la specie penetra sporadicamente, soprattutto alla base degli alberi, sin presso il margine del deserto lichenico, ma appare nel complesso leggermente più poleofoba della più frequente *Physconia distorta*. A Roma, invece, (Nimis, 1990) *Physconia distorta* è rara e *Physconia grisea* penetra piuttosto profondamente nel tessuto urbano, soprattutto alla base degli alberi. E' probabile che queste differenze di comportamento siano condizionate anche da fattori climatici.

A Macerata *Physconia grisea* è una specie piuttosto comune (70.6 % delle stazioni), distribuita su tutto il territorio esaminato ed in grado di penetrare nelle zone urbane più inquinate dimostrando una scarsa sensibilità all'inquinamento. pH: 5, N: 3, H: 5, L: 4-5. Mieur-med.

Rinodina pyrina (Ach.) Arn.

La distribuzione di questa specie è molto ampia, comprendendo l'Europa, l'Africa del Nord e America del Nord: si trova dalla fascia mediterranea alla altimontana.

E' presente a Macerata in due stazioni mediamente inquinate, site all'interno del centro urbano.
pH: 4-(5), H: 3-4, L: 4. S'bor-mieur.

Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.

L'attuale distribuzione di *Xanthoria parietina* in Europa è dovuta ad una recente espansione dell'areale influenzata dall'avanzare dell' antropizzazione, soprattutto nelle zone agricole. La specie è distribuita dalla Scandinavia alla regione mediterranea, ed ha un'amplissima valenza ecologica. In Italia è comunissima dalla fascia planiziale a quella montana, su alberi isolati a scorza primariamente o secondariamente eutrofica, nell'ambito di vegetazione di *Xanthorion parietinae*. Il pH medio del substrato, calcolato da Jürging (1975) per la regione di Monaco di Baviera (limitatamente alle Querce) sarebbe di 5.6.

Secondo Hawksworth & Rose (1970), *Xanthoria parietina* sarebbe un lichene piuttosto resistente all'inquinamento, tollerando concentrazioni medie annue di anidride solforosa sino a 70 $\mu g/m^3$ in Inghilterra. Secondo Deruelle, nella regione di Mantes (Francia) la specie avrebbe un limite di tolleranza di 70 $\mu g/m^3$, mentre Johnsen & Soechting (1973) riportano un limite di 80-90 $\mu g/m^3$ per la città di Copenhagen.

Wirth (1980) considera *Xanthoria parietina* come una specie piuttosto tossitolerante. Secondo Le Blanc et al. (1972), tuttavia, *Xanthoria parietina* avrebbe una tolleranza molto bassa all'inquinamento da parte di fluoruri, un'affermazione che contrasta però con i risultati ottenuti in precedenza da Mazel (1958). Gli esperimenti di laboratorio effettuati da De Wit (1976) dimostrano come la specie sarebbe relativamente poco sensibile ad inquinamento da ozono. Barkman (1958) riporta valori di poleofobia molto variabili per questa specie: si va da un minimo di 3 per Helsinki ad un massimo di 8 per Birmingham; un grado intermedio di poleofobia si ricava dai dati pubblicati da Skye (1968) per Stoccolma e da Nimis (1985, 1986, 1990) per Trieste e Roma; questa variabilità è probabilmente legata alle differenze macroclimatiche tra le città studiate; i valori più alti di poleofobia si hanno in città a clima meno spiccatamente oceanico. E' indicativo in tal senso il fatto che Deruelle (1983) afferma che nella città di Parigi la specie raggiunge zone site all'interno dell'area metropolitana propriamente detta. Kandler & Poelt (1984) riportano che *Xanthoria parietina* è una delle 12 specie che sono state in grado di ricolonizzare il centro di Monaco di Baviera in conseguenza di un miglioramento nello stato dell'aria. Anche Giralt i Esteve (1986) afferma che nella regione di Tarragona (Spagna) *Xanthoria parietina* è tra le specie moderatamente resistenti all' inquinamento atmosferico. Kunze (1974) fa notare come nella città di Friburgo (Germania occidentale) *Xanthoria parietina* si comporta da specie poleofoba sulla scorza relativamente acida di tiglio, mentre è in grado di penetrare molto più in profondità verso il centro urbano su alberi a

scorza eutrofica. Ciò è probabilmente dovuto all'effetto acidificante dell'inquinamento da anidride solforosa, molto più accentuato su alberi a scorza non eutrofica.

Questa specie è stata utilizzata da Caniglia et al. (1978) per una carta dell'inquinamento atmosferico nella Valle del Boite (Cortina d'Ampezzo) e da Bargagli et al. (1985) per il monitoraggio di metalli pesanti (Hg, Pb, Mn, Zn, Fe) nell'area industriale di Rosignano Solvay (Toscana).

A Macerata *Xanthoria parietina* è una specie molto comune, essendo presente nell'85.3% delle stazioni. E' diffusa su tutto il territorio e mostra un moderato grado di poleofobia, con l'optimum nelle aree poste intorno alla città, probabilmente a causa di una eutrofizzazione dovuta alle coltivazioni. Procedendo verso il centro abitato, la sua frequenza diminuisce, con un forte incremento però nella stazione più prossima al camino dell'inceneritore, probabilmente a causa di un apporto consistente di polveri.
pH: 5-7, N: 2-3, H: 5, L: 4-5. Bor-med.

Indirizzo degli autori:

Dr. Dario GASPARO
Dr.ssa Miris CASTELLO
Soc. Cooperativa ECOTHEMA r.l.
Via Stuparich 15
34125 TRIESTE

Dr. Roberto BARGAGLI
Dipartimento di Biologia Ambientale
Via delle Cerchia 3
53100 SIENA

Direttore responsabile: Prof. DUILIO LAUSI
Decreto del Tribunale di Trieste n. 735 del 30.5.1988
Fotocomposizione ed impaginazione:
STUDIO GAMMA - Trieste
Stampa:
TIP. ZENIT
Via Rivalto 1 - Trieste

CONTENTS